

## Three-phase AC winding for stator of linear motor

**Publication number:** DE19833418

**Publication date:** 1999-06-24

**Inventor:** BREITENBACH OTTO (DE)

**Applicant:** BREITENBACH OTTO (DE)

**Classification:**

- international: *H02K3/40; H02K3/48; H02K3/487; H02K15/085; H02K41/02; H02K3/32; H02K3/48; H02K15/08; H02K41/02; (IPC1-7): H02K41/02*

- european: H02K3/40; H02K3/48; H02K3/487; H02K15/085; H02K41/02

**Application number:** DE19981033418 19980724

**Priority number(s):** DE19981033418 19980724; DE19971056022 19971217

**Report a data error here**

### Abstract of **DE19833418**

The winding comprises individual winding strings consisting of an electric cable, comprising at least one multi-core conductor (3), an elastic isolation with conductive layers, and an elastic, conductive coat, which are installed and fixed in the grooves (2) of a stator (1) of a rail segment. The winding comprises individual winding strings consisting of an electric cable, comprising at least one multi-core conductor (3), an elastic isolation with conductive layers, and an elastic, conductive coat, which are installed and fixed in the grooves (2) of a stator (1) of a magnetic levitation rail segment. The length of the winding sections is adjusted to the corresponding rail segments, and the winding sections are installed sequentially into the stator and are individually fixed vibration-free in the corresponding grooves, whereby the winding sections are flexibly enough for shaping and installation, due to their cable structure, but are rigid enough in the winding. An Independent claim is provided for a manufacturing method of a winding.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 33 418 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 02 K 41/02**

⑦① Aktenzeichen: 198 33 418.4  
⑦② Anmeldetag: 24. 7. 98  
⑦③ Offenlegungstag: 24. 6. 99

**DE 198 33 418 A 1**

⑥⑥ Innere Priorität:  
197 56 022. 9      17. 12. 97

⑦① Anmelder:  
Breitenbach, Otto, 90480 Nürnberg, DE

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Dreiphasige Wechselstromwicklung für einen Linearmotor

⑤⑦ Die Erfindung betrifft Konstruktionsmerkmale und ein Herstellverfahren für die dreiphasige Wechselstromwicklung des Linearmotors einer Magnetbahn, ferner Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens. Der Linearmotor besteht aus einem Läufer teil und einem Stator großer Länge. Der Stator ist mit Nuten versehen, in denen eine Wechselstromwicklung aus drei Strängen eines elektrischen Kabels angeordnet ist. Es werden die wesentlichen Konstruktionsmerkmale einer Wicklung angegeben, ein Verfahren und Vorrichtungen für deren Herstellung in großen zusammenhängenden Längen. Die Wicklung besteht aus individuellen, den Fahrwegträgern angepaßten Abschnitten, in denen die Wicklungsstränge schwingungsfest in den Nuten des Stators fixiert sind, und dazwischen angeordneten Übergangsabschnitten, über welche die Wicklungsstränge außerhalb des Stators einzeln beweglich ungeschnitten weitergeführt sind. Nach dem Herstellverfahren werden die Wicklungsstränge mit Hilfe von Vorrichtungen eines Baufahrzeugs, das auf den Fahrwegträgern die Baustelle entlang fährt, einzeln vorgeformt und nacheinander in den Stator eingebaut oder ohne Vorformung an den Stellen der Übergangsabschnitte verlegt.

**DE 198 33 418 A 1**

Die Erfindung bezieht sich auf eine dreiphasige Wechselstromwicklung für den Stator eines Linearmotors gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, der den Antrieb einer auf Fahrwegträgern bewegten Bahn bewirkt. Die aus einzelnen Strängen gebildete Wicklung ist in nach unten offenen Nuten in Blechpaketen, die an den Fahrwegträgern befestigt sind, angeordnet und festgelegt.

Linearmotoren sind für elektrische Antriebe unterschiedlichster Art seit langem bekannt. Sowohl Stator als auch Läufer sind bei diesem Motortyp im Gegensatz zum konventionellen Motor nicht kreisförmig sondern geradlinig gestaltet. Die elektrische Energie wird dabei so in mechanische Energie umgesetzt, daß sie unmittelbar für eine Translationsbewegung nutzbar wird. Einsatzgebiete von Linearmotoren sind beispielsweise Bahnanlagen für den Personenverkehr, Förder- und Transportanlagen, Schleppanlagen und Schlitten von Maschinen. Je nach Einsatzgebiet haben Linearmotoren, vor allem deren Stator, sehr unterschiedliche Länge. Die längsten Statoren gibt es wohl bei Linearmotoren, die zum Antrieb einer Magnetbahn für Schnellverkehr eingesetzt werden. Besonders bei diesem Einsatz soll das Verfahren für die Fertigung der Wicklung und deren Einbau in den Stator leistungsfähig und kostensparend sein.

Zur Herstellung der Statorwicklung ist bekannt, spezielle Kabel mäanderförmig zu Wicklungssträngen in der Länge des jeweiligen Fahrwegträgers vorzuformen und nacheinander in den Stator des umgekehrt, auf dem Kopf liegenden Fahrwegträgers von Hand einzulegen, wie im Elektromaschinenbau üblich die Statornuten mittels Nutkeilen zu verschließen und danach den ganzen Wicklungsraum mit einer aushärtenden Isoliermasse auszugießen, so daß die Wicklung gut festgelegt ist und nicht zu Schwingungen angeregt werden kann. Die Teillängen der Wicklung werden nach dem Aufsetzen der Fahrwegträger auf die Stützen des Bahnfahrwegs mittels Klemmen in Schaltkästen oder mittels Kabelmuffen verbunden. Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß die Fahrwegträger für die Wicklungsmontage umgelegt werden müssen, das Einbauen der Wicklungsstränge und Eingießen zeitaufwendig und kostspielig ist und viele teure Wicklungsverbindungen erforderlich sind, die übrigens manchmal schwer untergebracht und ferner zu Fehlerquellen werden können.

Aus der DE-OS 196 20 221 ist ein Langstator für einen Linearmotor bekannt, der das Umlegen der Fahrwegträger und Eingießen der Wicklung erübrigen soll. Davon ausgehend, daß Wicklungskabel bekanntlich radial elastisch verformbar sind, werden bei dieser Anordnung die Wicklungsstränge in Statornuten, die an der engsten Stelle ihrer Öffnung eine kleinere Weite haben als dem Außendurchmesser des Wicklungskabels entspricht, eingedrückt und von selbst fixiert. Dabei sind aber die Fertigungstoleranzen des Kabels in Relation zur elastischen Verformbarkeit ohne das Risiko einer elektrischen Schädigung nicht berücksichtigt. Es nimmt nämlich von den Aufbauelementen des Wicklungskabels – Leiter, Innenleitschicht, Isolierung, Außenleitschicht, ggf. Metallschirm und Mantel – die Isolierung den größten Teil einer radialen Verformung von außen auf, weil sie weicher und dicker ist als die anderen Schichten. Ihre Dicke ist jedoch für die erforderliche elektrische Spannungsfestigkeit und Lebensdauer ohne Zugabe für mechanische Sonderbeanspruchung bemessen. Wenn bei radialer Verformung Isolierung beiseite gedrückt wird, können in ihr feinste Risse entstehen, welche die Spannungsfestigkeit und Lebensdauer reduzieren. Andererseits ist für zuverlässigen Festsitz der Wicklung auch im Falle eines Kabeldurchmessers an der unteren Toleranzgrenze eine erhebliche Ver-

gung der Nutöffnung erforderlich, welche bei Kabeln mit maximalem Durchmesser während des Eindrückens die Isolierung bedenklich stark verformt. Das Ausmaß der Verformung wird am Beispiel des für eine Magnetbahn-Probestrecke spezifizierten Wicklungskabels anschaulich. Hier ist die Isolierwanddicke auf 3,5 mm festgelegt, die größtzulässige Abweichung des Durchmesserwertes vom Sollwert und des Querschnitts vom Kreisquerschnitt auf jeweils  $\pm 0,5$  mm gegenüber gewöhnlichen Kabeln erheblich eingengt. So kann der Unterschied zwischen dem kleinsten und dem größten diametralen Maß bis zu 2 mm betragen. Wenn z. B. die Nutöffnung um 1 mm enger als der Sollwert des Kabeldurchmessers ist, wird ein extrem dünnes Kabel aus der Nut fallen, dagegen die Isolierdicke eines Kabels mit extrem großem Durchmesser beim Eindringen in Statornuten um fast 30% vermindert.

Aus der DE-PS 29 20 487 und der DE-PS 33 09 051 sind Verfahren bekannt, nach welchen die Wechselstromwicklung aus den drei Wicklungssträngen getrennt vom Stator vollständig vorgefertigt, auf Spulen aufgewickelt, zum Montageort transportiert, dort in die Nuten des Stators eingefügt wird und mit Federelementen tragfähig einrastet. Nach diesen Verfahren können Wicklungslängen über mehrere Felder von Fahrwegträgern hinweg in einem Stück vorgefertigt und in den Stator eingebracht werden, wobei die Wicklung ohne Unterbrechung die Dehnspalte zwischen aneinander grenzenden Fahrwegträgern überbrückt. Sehr große Wicklungslängen, die sich über viele Fahrwegträger erstrecken, ermöglicht eine Variante nach der DE-PS 37 37 719, der entsprechend die Vorfertigung auf einem Baufahrzeug durchgeführt wird, das sich auf den auszurüstenden Fahrwegträgern fortbewegt und die laufend produzierte Wicklung sofort einer an ihm angebrachten Vorrichtung zum Einbau in den Stator zuführt. Auf diese Weise entfällt die Längenbegrenzung durch das Fassungsvermögen der Transportspulen für die Wicklung.

Von Nachteil für den Bahnbetrieb ist die mäßige Biegesteifheit einer vorgefertigten Statorwicklung. Die Wicklungsstränge können zum Schwingen angeregt werden, was die Lebensdauer verkürzt, oder so verformt werden, daß sie über die Grenzen des zulässigen Profils hinausragen, z. B. im Zusammenhang mit außergewöhnlicher Belastung bei Wartungsarbeiten. Ihre Biegsamkeit ist aber für das Aufspulen und die Umlenkung beim Zuführen von der Arbeitsfläche über dem Fahrweg zum beengten Einbauraum am Stator unter der Trägerdeckplatte ebenso erforderlich wie für langjährige Funktionstüchtigkeit unter Dehn- und Stauchbelastungen an den Dehnspalten zwischen den Fahrwegträgern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Konstruktionsmerkmale, ein Verfahren und Vorrichtungen für eine wirtschaftliche Herstellung von schwingungsfester, gut formstabiler, nach Betriebsbedingungen bemessener dreiphasiger Linearmotor-Statorwicklung in großen, ungeteilten Fertigungslängen anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den in Anspruch 1 aufgeführten kennzeichnenden Merkmalen und nach dem in Anspruch 8 angegebenen Verfahren gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstands, des Verfahrens und der Vorrichtungen für eine entsprechende Durchführung sind in den Ansprüchen 2 bis 7 und 9 bis 20 angegeben.

Die gegensätzlichen Biegebarkeitsforderungen über die Länge des Fahrwegträgers und am Übergang mit Dehnspalte zum nächsten Träger werden ohne Trennschnitte, welche die wirtschaftliche Herstellung beeinträchtigen würden, allein durch wechselnde Formung und Festlegung der Wicklungsstränge erfüllt. Genutzt wird die Erkenntnis, daß ein Verbund von Wicklungssträngen, in dem fixierte Längenab-

schnitte in kurzen Abständen aufeinander folgen, vielfach steifer ist als die Summe der unabhängig voneinander lose geführten Einzelstränge. Ein Herstellverfahren, bei dem die Wicklungsstränge einzeln vorgeformt und nacheinander in den Stator eingebaut werden, erleichtert die individuelle Wicklungsgestaltung an verschiedenen Stellen und ermöglicht eine flexible Zuführung der Wicklungskomponenten vom geräumigen Bereich über den Fahrwegträgern zum beengten Raum um den Stator unter der Trägerdeckplatte. In dehnpaltfreien Abschnitten muß das Wicklungskabel nur für einmalige scharfe Biegung mit schonenden Spezialwerkzeugen hinreichend biegsam sein, wogegen die Formstabilität und Schwingungsfestigkeit hauptsächlich durch die Festlegung der Wicklungsstränge in den Statornuten erreicht wird. Im Dehnpalt sind die Wicklungsstränge aber so in großen Schleifen verlegt, daß die ständigen Spaltbewegungen kaum kabelverformend wirken. Übrigens vermeidet man Kollisionsgefahr mit Wicklungssträngen, die im Dehnpalt verlegt sind, auch dann, wenn dort Fehler vorkommen.

Die vorteilhafte Ausgestaltung des Erfindungsgegenstands ist an Ausführungsbeispielen in Zeichnungen dargestellt.

Es zeigen:

**Fig. 1** ein Blechpaket des Stators mit dreiphasiger Wechselstromwicklung,

**Fig. 2** ein Wicklungskabel mit abschnittsweise sichtbaren Schichten seines Aufbaus,

**Fig. 3** einen Dehnpalt zwischen zwei Enden von Fahrwegträgern mit einem Übergangsabschnitt der Statorwicklung in Seitenansicht,

**Fig. 4** ein Schnittbild quer durch den Dehnpalt mit den Wicklungssträngen im Übergangsabschnitt,

**Fig. 5** einen Ausschnitt des Stators mit einem Wicklungsstrang, bei dem die Oberflächen des Kabels und der Nutauskleidung gerieft sind, damit der eingeklebte Wicklungsstrang formschlüssig in der Nut festliegt,

**Fig. 6** einen Ausschnitt des Stators mit einem Wicklungsstrang, der mittels elastischer Klemmstränge im Nutprofil festgelegt ist,

**Fig. 7** einen Ausschnitt des Stators mit einem Wicklungsstrang in einer Hülse, welche die Nutöffnung verengt, Maßtoleranzen federnd ausgleicht und hinter vorspringenden Absätzen der Nutauskleidung einrastet,

**Fig. 8** das Profil der mit einer Zange für das Aufstecken aufgespreizten Hülse aus **Fig. 7** über dem schematisch dargestellten Querschnitt eines Wicklungsstrangs,

**Fig. 9** einen Ausschnitt des Stators mit einem Wicklungsstrang, bei dem der Kabelmantel durch eingeschlossene Hohlräume große radiale Verformung elastisch aufnimmt,

**Fig. 10** einen Ausschnitt des Stators mit einem Wicklungsstrang und einer Nutverschlußleiste, die als Kunststoffschale mit eingebetteten Klemmfedern gestaltet ist und den Wicklungsstrang in der Statornut festlegt,

**Fig. 11** eine perspektivische Ansicht der Nutverschlußleiste aus **Fig. 10**,

**Fig. 12** einen kleinen Ausschnitt des Stators mit der Nutverschlußleiste wie in **Fig. 10**, in dem die Klemmstelle vergrößert dargestellt ist,

**Fig. 13** eine Erdleitungsklammer im aufgesteckten Zustand in perspektivischer Ansicht,

**Fig. 14** eine Seitenansicht eines Baufahrzeugs mit Vorrichtungen zur Herstellung der Wechselstromwicklung auf einem Ausschnitt eines Fahrwegträgers,

**Fig. 15** eine Draufsicht auf das Baufahrzeug ohne Abdeckung der Vorrichtungen,

**Fig. 16** einen Längsschnitt durch das Baufahrzeug mit den Vorrichtungen,

**Fig. 17** eine Seitenansicht einer Vorrichtung zum Formen

eines Wicklungsstrangs in gestreckter Stellung,

**Fig. 18** eine Draufsicht auf die Vorrichtung in **Fig. 17**,

**Fig. 19** einen Längsschnitt durch die Vorrichtung in **Fig. 17** mit ausgeschwenkten Biegeschenkeln und einem Wicklungsstrang in Mäanderform,

**Fig. 20** eine Vorderansicht der Vorrichtung gemäß **Fig. 19**, ohne Wicklungsstrang,

**Fig. 21** eine Rückansicht der Vorrichtung zum Formen gemäß **Fig. 19** in offener Stellung,

**Fig. 22** eine Rückansicht der Vorrichtung zum Biegen gemäß **Fig. 19** in geschlossener Stellung,

**Fig. 23** eine schematische Darstellung der Zuordnung von Positionen der Vorrichtungen zum Formen und Befördern des Wicklungsstrangs bezogen auf die Position des Baufahrzeugs in vier Arbeitsphasen,

**Fig. 24** die Vorderansicht einer Vorrichtung zum Aufstecken von Hülsen auf einen Wicklungsstrang gemäß **Fig. 8**,

**Fig. 25** eine Draufsicht auf die Vorrichtung in **Fig. 24** in der Ausgangsstellung,

**Fig. 26** eine Draufsicht auf die Vorrichtung in **Fig. 24** in der Aufsteckstellung,

**Fig. 27** eine Seitenansicht der Vorrichtung zum Einbau eines Wicklungsstrangs, dazu Ausschnitte des Fahrwegträgers, des Baufahrzeugs und einer Arbeitsbühne.

Die in einer langen Reihe angeordneten Blechpakete **1** des Stators in **Fig. 1** bestehen aus einzeln gestanzten und anschließend paketierte Elektroleisten. In ihren Nuten **2** sind die drei Wicklungsstränge **3** festgelegt. Die gezeigte Ausführung ist mit je einer Erdleitung **4** auf beiden Seiten des Stators ausgestattet. Mit Anschlußklammern **5** sind die Erdleitungen, die Ladeströme und im Falle von Fehlern in der Wicklungsisolierung Erdschlußströme ableiten, an den Bögen der Wicklungsstränge elektrisch angeschlossen und festgehalten.

Wichtig ist, daß die Wicklungsstränge in den Statornuten schwingungsfrei festliegen, damit nicht über die langjährige Betriebszeit der Korrosionsschutz des Statorpakets und/oder der Kabelmantel durchgerieben wird. Die Gestaltung des Nutprofils berücksichtigt gutes Festlegen neben einfacher Wicklungsmontage und magnetischen Belangen. Kostengründe schränken aber die Gestaltung ein. So soll der Blechschnitt verzahnt herstellbar sein, derart daß im Nutprofil das Zahnprofil Platz findet, und ein wirtschaftlicher Korrosionsschutz realisierbar sein. Es ist z. B. die Anwendbarkeit eines Korrosionsschutzes gefordert, bei dem das ganze Blechpaket in einer Gießform unter Vakuum mit einer geschlossenen Schutzschicht überzogen wird und die Möglichkeit besteht, das gestanzte Nutprofil durch Auskleidung einzuziehen.

Das Wicklungskabel in **Fig. 2** ist eine typische Ausführung für die Wicklungsstränge in Linearmotoren mit Betriebsspannungen von 6 bis 20 kV. Seine Aufbaulemente sind:

- ein mehrdrähtiges Leiterseil **5**, dessen Einzeldrähte aus Aluminium, Kupfer oder anderem für elektrische Leiter gebräuchlichen Werkstoff bestehen,
- eine elastische Innenleitschicht **7**, z. B. aus leitfähig gemachtem Elastomer,
- eine Isolierhülle **8** aus einem Elastomer mit sehr kleinen dielektrischen Verlusten,
- eine elastische Außenleitschicht **9**, z. B. aus leitfähig gemachtem Elastomer,
- ein leitfähiger elastischer Schutzmantel **10**, der zusammen mit der Außenleitschicht elektrische Schirmfunktion hat.

Die Steifheit oder Biegsamkeit der Wicklungsstränge

hängt vor allem vom Kabelaufbau ab. Dem Fachmann ist geläufig, die Biegsamkeit eines Kabels über die Auswahl der Werkstoffe, die Aufteilung des Leiters in eine kleinere oder größere Anzahl von Einzeldrähten und andere Mittel den jeweiligen Erfordernissen empirisch anzupassen. In der DE-PS 35 43 106 ist der Aufbau eines Kabels angegeben, das den vielfältigen Anforderungen für Wicklungsstränge prinzipiell entspricht und hinsichtlich Biegsamkeit gut anpassungsfähig ist.

Die Länge der Fahrwegträger und damit auch die Weite des Dehnspalts dazwischen ändert sich bei mechanischer Belastung und schwankender Temperatur. In Fig. 3 und Fig. 4 sind die Enden von Statorabschnitten in Gestalt der Blechpakete 1 und in deren Nuten festgelegter Wicklungsstränge 3 zusammen mit den Wicklungssträngen im Übergangsabschnitt am Dehnspalt dargestellt. Im Dehnspalt sind die Wicklungsstränge 3 in Schleifenform mit einem zur Bewegungsrichtung der Trägerstirnflächen 11 angenähert rechtwinkligen Verlauf verlegt und in Schellen 12 drehbar, mit den Schellen 13 dagegen fest gehalten. Auf diese Weise wird die Dehnbewegung in eine kleine Torsion übergeführt und von großen Stranglängen aufgenommen. Fig. 4 zeigt nur die halben Schleifen, weil die ergänzenden Schleifenhälften in der gleichen Anordnung an der gegenüberliegenden Trägerstirnseite verlaufen.

Für die Festlegung der Wicklungsstränge in den Statornuten gibt es mehrere erfinderische Lösungen mit von Fall zu Fall verschieden zu gewichtenden Vorteilen. Ein einfaches Verfahren, das keine genaue Übereinstimmung der Querschnittsmaße von Statornut und Wicklungsstrang erfordert, den Querschnitt des Kabels nicht verformt und die Wicklungsstränge doch schwingungsfrei festlegt, benutzt das Festkleben in Nuten, deren Profil dem Kabelprofil angenähert angepaßt ist, wie Fig. 5 zeigt. Dabei wird im Zuge des Einbauvorgangs die Oberseite jedes Wicklungsstrangs 3 über die Länge der jeweiligen Statornut mit einem Kleber überschüssig beschichtet und dann sofort in die Nut 2 solange eingepreßt, bis der Klebstoff 14 tragfähig erhärtet ist. Mit Vorteil wird ein Schmelzkleber verwendet, dessen Schmelzpunkt deutlich über der Betriebstemperatur und unter der Kurzzeit-Grenztemperatur des Stators liegt. Ein Schmelzkleber erhärtet schnell und läßt den Ausbau eines Wicklungsstrangs zur Fehlerbeseitigung zu, wenngleich mit erheblichem Aufwand. Damit die Verbindung zuverlässig hält, sind die Oberflächen des Kabelmantels und der Nutauskleidung 16 vorzugsweise uneben, z. B. aufgeraut oder mit Buckeln oder Mulden oder Rillen 17 versehen und ergeben mit dem erhärteten Kleber eine formschlüssige Verbindung.

Eine andere Lösung entsprechend Fig. 6 verwendet zum Festlegen der Wicklungsstränge 3 in den Statornuten 2 Klemmstränge 18 aus elastischem Polymer. Je zwei Klemmstränge in Länge der Nuten werden unmittelbar nach der Belegung einer Statornut 2 zwischen den Wicklungsstrang 3 und die Nutwand eingedrückt. Mit ihrer Elastizität gleichen sie Maßtoleranzen aus, ohne Rücksicht auf andere Funktionen bei ihrer Verformung zu erfordern, und fixieren den Wicklungsstrang formschlüssig. Die Statornuten brauchen keine Auskleidung, sondern nur eine beim Stanzen der Bleche herstellbare Verengung an der Nutöffnung und eine Korrosionsschutzschicht. Falls erforderlich, läßt sich die Statorwicklung durch Herausziehen der Klemmstränge einfach demontieren.

Verbesserungen einer im Prinzip bekannten Gestaltung nach der oben genannten DE-OS 196 20 221 ergeben weitere Lösungen zur Festlegung einzelner Wicklungsstränge. Eine Verbesserung gemäß Fig. 7 und Fig. 8 geht vom Einfügen einer federelastischen Metallhülse 19 zwischen dem Wicklungsstrang und der Nutauskleidung aus und besteht

darin, daß Ausformungen 20 und 21 das Öffnungssegment einengen, um den Wicklungsstrang trotz der elastischen Verformbarkeit von Metallhülse und Kabelquerschnitt und aller Maßtoleranzen zuverlässig festzulegen. Mit den federnden Füßen 22 und 23 rastet die Metallhülse hinter den Absätzen 24 und 25 sperrend ein. Die Gestaltung und Federelastizität der Hülse gleichen Maßtoleranzen aus. Nur vor dem Eindrücken in die Nuten des Stators können die Metallhülsen so weit aufgespreizt werden, daß sie sich über die Abschnitte eines Wicklungsstrangs, die in die Nuten kommen, aufstecken lassen. Fig. 8 zeigt eine Ausführung der Metallhülse 19 im Profil im aufgespreizten Zustand zusammen mit einer Spreizzange 26 und dem schematisch dargestellten Kabelquerschnitt 3. Andere Ausführungen einer Hülse können mit einem entsprechenden Nutprofil den Wicklungsstrang ebenso zuverlässig festhalten. Anstelle einer Metallhülse kann eine Hülse aus einem Faserverbundkunststoff, der eine Federelastizität über lange Dauer behält, in gleicher Weise eingesetzt werden. Gegenüber Metall bestünden damit sogar Konstruktionsfreiheiten, denn es wären zusätzliche Wirbelstromverluste und Verzerrungen des Magnetfeldes ausgeschlossen. Für eine Metallhülse ist dagegen ein Werkstoff ohne Ferromagnetismus und mit möglichst geringer elektrischer Leitfähigkeit zu wählen. Die Metallfläche der Hülse soll gerade im Öffnungsbereich der Nut klein sein, wozu es gut ist, die Ausformungen 20 und 21 nicht flächig, sondern fingerförmig auszuführen. Die Metallhülsen können neben der Wicklungsbefestigung die Funktion übernehmen, elektrische Verbindung vom Kabelmantel zum Erdpotential herzustellen und sind hierzu mit einer Klemme 27 ausgestattet, welche eine Erdleitung 4 aufnehmen kann. Der Stator hat in diesem Fall nur auf einer Seite eine Erdleitung, damit es keine Induktionsschleifen kleinen Widerstands zusammen mit den Hülsen gibt.

Eine andere Verbesserung der bekannten Gestaltung bezieht sich auf das Wicklungskabel. Dessen radiale Verformbarkeit ohne Fehlerrisiko erhöht sich in großem Maß, wenn sich über Isolierung und Außenleitschicht eine gut verformbare Umhüllung befindet. Fig. 10 zeigt eine Ausführung, bei der eine solche Umhüllung 10, die zugleich den Schutzmantel bildet, durch Hohlräume 28 in hohem Maß verformbar gemacht ist. Sie gestattet eine ausgeprägte Verengung der Nut hinter ihrer Öffnung 29 derart, daß große tragende Schultern 30 am Umfang ausgebildet sind und die vorgenannten Maßtoleranzen des Kabeldurchmessers keine entscheidende Rolle spielen. Übrigens kann gute radiale Verformbarkeit einer Hülle z. B. auch durch Aufschäumung oder entsprechend weichen anderen Werkstoff erzielt werden.

Bei allen bisher aufgeführten Lösungen zum Festlegen der Wicklungsstränge sind die Statornuten, ausgehend von ihrer Öffnung, an mindestens einer Stelle enger als weiter innen. Eine Gießform zur Herstellung derartiger Nutprofile zugleich mit der Korrosionsschutzschicht macht Schwierigkeiten beim Entformen. Vorteilhaft ist dagegen eine Lösung mit einem Nutprofil, das sich mit gleicher oder zunehmender Weite, ohne Hinterschneidung öffnet. Erfindungsgemäß kann man in solchen Nuten Wicklungsstränge mittels Nutverschlußleisten einfach festlegen, die sich zwischen den Nutwänden verklemmen und den Wicklungsstrang federnd gegen den Nutgrund drücken. In Fig. 10 bis Fig. 12 ist eine Ausgestaltung der Nutverschlußleiste dargestellt, bestehend aus einer Kunststoffschale 31 mit eingebetteten Klemmfedern 32. Die Klemmfedern aus nicht ferromagnetischem, ferderhartem Werkstoff, z. B. aus einer harten Metallegierung oder Glasfaser-Verbundwerkstoff, geben der Kunststoffschale in Querrichtung ein Federverhalten, das auch unter mechanischer Spannung langjährig erhalten bleibt. Sie

sind an ihren Enden **33** angespitzt und graben sich in die Korrosionsschutzschicht oder Nutauskleidung **16** etwas ein, allerdings nur so seicht, daß sie die Schutzschicht nicht durchdringen. Eine große Auflagefläche **34** hinter den Spitzen **33** verhindert zu tiefes, den Korrosionsschutz örtlich zerstörendes Eindringen. Die Nutverschlußleisten sind in die Statornuten so weit eingedrückt, daß sie die Wicklungsstränge schwingungsfest fixieren, den Kabeltoleranzen entsprechend individuell. Vorteilhaft haben die Nutverschlußleisten Arme **35**, die das Aufstecken auf den Wicklungsstrang ermöglichen und so den Wicklungseinbau in den Stator erleichtern. Ferner kann man in Rillen **36** an den überstehenden Enden der Nutverschlußleisten Erdleitungen **4** vorteilhaft anbringen, indem man sie zwischen Wicklungsstrang und Nutverschlußleiste einklemmt.

Für die Ableitung eines Erdschlußstroms von irgendeinem vielleicht später auftretenden Isolationsfehler in der Wicklung reicht die kleine Leitfähigkeit des Kabelschirms, die mit Rücksicht auf vernachlässigbare Induktionseffekte bemessen ist, gewöhnlich nicht aus. Deshalb erstreckt sich mindestens auf einer Seite des Stators eine Erdleitung und verbindet an den Bögen der Wicklungsstränge den leitfähigen Kabelmantel mit den Erdungsanschlüssen an den Enden jedes Fahrwegträgers, gemäß DE-PS 30 06 382. In vorteilhafter Ausgestaltung sind entweder Teile, die zum Festlegen der Wicklungsstränge dienen, mit Klemmelementen zum Anschließen und Halten einer Erdleitung versehen, oder es wird eine herkömmliche Schelle oder besondere Klammer **5** dafür verwendet. In Fig. 13 ist eine zweckmäßige Form der Klammer **5** dargestellt, zusammen mit einer Erdleitung **4** und einem angedeuteten Wicklungsstrang **3**. Als Werkstoff eignet sich dafür z. B. ein federndes, nicht korrodierendes Metall. Im Zuge der Montage kann die Erdungsklammer zuerst mit der Erdleitung vereinigt und dann auf die Wicklungsstränge gesteckt werden, wenn alle drei Wicklungsstränge in den Stator eingebaut sind.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren für die Herstellung der Wechselstromwicklung aus drei Wicklungssträngen sind erschwerende Umstände berücksichtigt. Die individuelle Formung der einzelnen Wicklungsstränge verträgt sich mit den wechselnden Abständen der Statornuten, die durch Fahrwegkurven bedingt sind, und der einzelne Einbau in den Stator ermöglicht es, mit großen Vorratsgebinden des Wicklungskabels, z. B. großen Spulen, und mit umfangreichen Vorrichtungen auf einem Baufahrzeug fortlaufend einen Wicklungsstrang vorzuformen und innerhalb eines schmalen Profils dem engen Einbauraum unter der Trägerdeckplatte zuzuführen. In Fig. 14 bis Fig. 16 ist das ausgerüstete Baufahrzeug dargestellt. Seine Ausrüstung für die Herstellung der Wicklung besteht im wesentlichen aus

- einer Vorrichtung, mit welcher das Wicklungskabel vom Vorrat zu den Bearbeitungsvorrichtungen gelangt, beispielsweise einer doppelten Abspulvorrichtung **38** für eine Arbeitsspule **39** und eine Reservespule **40**,
- einer Biegevorrichtung **41** zum Vorformen eines Wicklungsstrangs,
- einer Vorrichtung **42** zum Aufstecken von Halteteilen, beispielsweise Hülsen, die den Wicklungsstrang schließlich in den Nuten des Stators festlegen,
- einer Transportvorrichtung, beispielsweise in der Ausführung eines endlosen Umlaufseils **43** mit Klammern **44**, womit der vorgeformte Wicklungsstrang fortlaufend dem Stator zugeführt wird,
- einer Einbauvorrichtung **45** zum Eindrücken des vorgeformten Wicklungsstrangs in die Nuten des Stators, zugänglich durch eine seitliche Arbeitsbühne **46**,
- einer Steuerung für den koordinierten Ablauf der

Bewegungsvorgänge,

- und einem Motoraggregat **47**, das die Vorrichtungen und den Fahrzeugantrieb mit Energie in jeweils vorteilhafter Form versorgt.

Das Baufahrzeug bewegt sich bei der Herstellung der Wicklung in der eingezeichneten Pfeilrichtung und wird durch Führungsrollen **48** an seinen Längsseiten und Seitenführschienen **49** am Fahrwegträger geführt. Für die Vorrichtungen **41**, **42** und die Steuerung hat es eine Kabine **50** als Wetterschutz. Teilweise sind seine Ausrüstung und deren Arbeitsweise aus der DE-PS 37 37 719 in Prinzip bekannt. Die Erfindung vorteilhafter Ausgestaltungen des Verfahrens und der Vorrichtungen bezieht sich auf neue Lösungen mit Rücksicht auf die erschwerenden Umstände: die wechselnden Abstände der Statornuten und den engen Einbauraum.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung für das Formen des Wicklungsstrangs zeigen die Fig. 17 bis 22. In einem ersten Verfahrensschritt wird der Wicklungsstrang mäanderrförmig in einer Weise gebogen, die den quer zur Fahrrichtung verlaufenden Abschnitten des Wicklungsstrangs, den sogenannten Mäanderschenkeln, die individuellen, bis zu einigen Millimetern unterschiedlichen gegenseitigen Abstände gibt, genau wie die Abstände der ihnen zugeordneten Statornuten. In einem zweiten Verfahrensschritt wird der Wicklungsstrang in den Bögen zwischen den Mäanderschenkeln so gekröpft, daß sich die verschiedenen Stränge der dreiphasigen Wechselstromwicklung im Stator überkreuzen. Die beiden Verfahrensschritte des Formens sind in einer Vorrichtung zusammengefaßt. Für die Mäanderbiegung weist die Vorrichtung eine Anordnung von fünf Biegeschenkeln **51** bis **55** auf, die durch Gelenke **56** bis **59** zu einer Biegekette verbunden sind. Die Biegeschenkel **51**, **52**, **54** und **55** sind mit Spannbacken **60** bis **63** versehen, welche beispielsweise mit Preßluftwerkzeugen betätigt werden und den Wicklungsstrang schrittweise festhalten. Vor dem Biegeschenkel **51** ist ein Vorschubwerkzeug **64** mit Spannbacken **65** angeordnet und auf Gleitschienen **66** gemeinsam mit dem Biegeschenkel **51** geführt. Beim Biegen einer Mäanderschleife wird der Biegeschenkel **51** mit eingespanntem Wicklungsstrang beispielsweise pneumatisch oder elektrisch in Längsrichtung vom Vorschubwerkzeug **64** weg bewegt und die Biegeschenkel **52** und **54** werden nach oben ausgeschwenkt, wobei sie den Biegeschenkel **53** hochheben. Der Biegeschenkel **55** bleibt dagegen starr verbunden mit dem Gestell **67** (Fig. 19). Anschließend werden die Spannbacken **65** geschlossen, alle anderen geöffnet, schiebt das Vorschubwerkzeug **64** die gebogenen Mäanderschleifen um einen Schritt weiter und zieht zugleich ein Stück Wicklungsstrang für die nächste Mäanderschleife von der Vorratsspule **39** ab. Danach schließen sich die Spannbacken **63** und **69** bis **71**, worauf sich die Biegeschenkel **51** bis **54** und das Vorschubwerkzeug **64** mit offenen Spannbacken in die gestreckte Ausgangsstellung zurückbewegen (Fig. 17). In dieser Stellung werden über den Abstand zwischen den Gelenkachsen **57** und **58** und den Abstand der Gelenkachse **59** von der Richtachse **68** des letzten Mäanders die Abstände zwischen den nun folgenden Mäanderschenkeln eingestellt. Die Abstände der eben genannten Gelenke sind beispielsweise über Spindeln mit elektrischem oder pneumatischem Antrieb auf vorgegebene Maße einstellbar, die aufgrund der Konstruktionsdaten des Fahrwegträgers oder der Meßwerte eines dem Baufahrzeug voranlaufenden Sensors für die Nutabstände einem elektronischen Speicher zu entnehmen sind. In den Übergangsabschnitten zwischen aufeinanderfolgenden Fahrwegträgern, wo die Wicklungsstränge ohne Vorbiegung verlegt werden, bleiben die Spannbacken **61** bis **63** beim Ausschwenken der Biegekette offen, was bewirkt, daß

der Biegeschenkel **51** mit den geschlossenen Spannbacken **60** den Wicklungsstrang ungebogen um die Länge von zwei Mäanderschenkeln weiterschiebt. In Wechselschritten mit dem Vorschubwerkzeug **64** kann der Wicklungsstrang in weiteren beliebigen Teillängen ungebogen weiterbefördert werden, bis von ihm die erforderliche Länge für eine freie Verlegung im Dehnpalt vorliegt. Anschließend wird das Biegen in Mäanderform fortgesetzt.

Für den zweiten Verfahrensschritt, den des Kröpfens der Wicklungsbögen, folgt nach der Biegekette ein Gestell **67** mit Preßwerkzeugen, die aus den Spannbacken **69** bis **71** und den schwenkbaren Platten **72** und **73** zusammengesetzt sind und elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch betrieben werden. Es halten die Spannbacken **70** und **71** je einen Mäanderschenkel in senkrechter Stellung fest und die Spannbacken **69** halten den letzten Mäanderschenkel außerdem in der Richtachse **68**. Durch Schwenken der Platten **72** und **73** wird je ein Wicklungsbogen gekröpft (Fig. 21 und Fig. 22). Sobald beim Vorschub für den nächsten Schritt der zuletzt gekröpfte Wicklungsbogen das Gestell **67** verlassen hat, ergreift ihn die nächste Klammer **44**, wobei diese sich um die Achse des Umlaufseils **43** in die Hängstellung dreht.

Die Biegekette mit den Gleitschienen **66** und das Gestell **67** sind zusammen auf einen Schlitten **74** gesetzt, der auf dem Baufahrzeug in Fahrrichtung in einer Weise hin und her bewegt wird, welche die Relativbewegung zwischen der schrittweisen Formung und dem kontinuierlichen Einbau des Wicklungsstrangs in den Stator sowie der ebenso annähert konstanten Laufgeschwindigkeit des Umlaufseils **43** ausgleicht. Eine schematische Darstellung (Fig. 23) veranschaulicht die vorzugsweise elektronisch gesteuerten Bewegungsabläufe anhand der gegenseitigen Positionen in vier Phasen eines Fertigungsschritts:

- Als Ausgangsstellung A sei die Stellung definiert, in welcher die Richtachse **68** sich mit der Bezugsachse **75** des Baufahrzeugs deckt und der Synchronlauf von Schlitten **74** und Umlaufseil **43** beginnt. Die Spannbacken **60** bis **62** und **65** sind hier offen, die Spannbacken **63** und alle weiteren sowie die Klammern **44** ab dem letzten Wicklungsbogen bis zur Einbaustelle des Wicklungsstrangs sind geschlossen.
- In der Streckphase bis zur Stellung B werden die Biegeschenkel **51** bis **54** in gestreckte Lage gebracht und dann deren Spannbacken **60** bis **62** geschlossen. Während dieses Vorgangs entfernt sich die Richtachse **68** von der Bezugsachse **75**.
- In der Biegephase bis zur Stellung C geschehen die Formungsvorgänge. Die Biegeschenkel **52** bis **54** werden ausgeschwenkt, die Wicklungsbögen gekröpft. Abschließend werden die Spannbacken **65** des Vorschubwerkzeugs geschlossen, die Spannbacken **60** bis **63** und **69** bis **71** geöffnet. Zwischen Richtachse **68** und Bezugsachse **75** entsteht in dieser Phase der größte Abstand.
- In der folgenden Rücklaufphase bis zur Stellung D läuft der Schlitten **74** in die Ausgangsposition zurück, wo sich Richtachse **68** und Bezugsachse **75** decken. Das Vorschubwerkzeug **64** mit den Spannbacken **65** schiebt die zuletzt gebogene Mäanderschleife aus dem Gestell **67** heraus. Zugleich zieht das Umlaufseil **43** mitten Klammern **44** den mäanderförmigen Wicklungsstrang mit der gleichen Relativgeschwindigkeit weiter. Zum Schluß der Rücklaufphase soll der zuletzt geformte Mäanderschenkel die Richtachse **68** noch nicht erreicht haben, weil eine Toleranzzeit dafür vorgesehen ist, den nächsten Zyklus zu synchronisieren.
- In der Abschlußphase bis zur Ausgangsstellung A

erreicht der letzte Mäanderschenkel die Richtachse **68** und die Bezugsachse **75**. Dann werden die Spannbacken **63** und **69** bis **71** und die nächste Klammer **44** geschlossen, dagegen die Spannbacken **65** geöffnet.

Zu den in Fig. 7 und Fig. 11 gezeigten Ausführungen gehören Halteteile zur Festlegung des Wicklungsstrangs, die vor dem Einbau in den Stator auf den Wicklungsstrang zu stecken sind. Mit Rücksicht auf die Raumverhältnisse werden diese beispielsweise als Metallhülsen **19** oder Kunststoffschalen **31** gestalteten Halteteile dem Wicklungsstrang unmittelbar nach seiner Formung aufgesteckt. Fig. 23 bis Fig. 25 zeigen das Prinzip einer vorteilhaften Aufsteckvorrichtung, bei welcher zwei Zangen **76** in der einen Schwenkstellung die Halteteile einem Magazin **77** entnehmen und in einer dazu rechtwinkeligen Schwenkstellung dem Wicklungsstrang **3** aufstecken. Die Halteteile werden in der Abschlußphase der in Fig. 23 dargestellten Bewegungsabläufe dem Magazin entnommen und in Synchronbewegung mit dem Wicklungsstrang in der sogenannten Biegephase der Bewegungsabläufe aufgesteckt. Ebenfalls synchron mitlaufende Stützleisten **78** verhindern, daß der Wicklungsstrang ausweicht. Beispielsweise werden die Zangen **76** und Stützleisten **78** über die Gestänge **79** und **80** vom Schlitten **74** der davor angeordneten Vorrichtung bewegt und mittels Zapfen in Gleitschienen **81** und **82** an einem Ständer **83** geführt. Für die in Fig. 7 abgebildeten Hülsen **19** sind die Zangen **76** entsprechend Fig. 8 gestaltet. Sie werden mit einer Mechanik geöffnet und geschlossen, die mit ihrer Position und Bewegung gekoppelt ist.

Beim Durchlauf durch die Aufsteckvorrichtung und weiter bis zum Einbau in den Stator hängt der Wicklungsstrang fortlaufend am Umlaufseil **43**. Er wird so über eine Folge von Rollen **84** in einem großen Bogen umgelenkt und mit kleinem Gefälle eng neben der Seitenführschiene **49** abgesenkt, in einer Weise, die praktisch keine weitere Verformung verursacht. Sobald er sich unter das Niveau des Stators absenkt wird er nach und nach in die waagrechte Einbaulage unmittelbar unter den Stator geschwenkt, beispielsweise mit Hilfe eines endlosen Stützseils **85**, und mittels einer Einbauvorrichtung **45** in die Nuten der Blechpakete **1** des Stators eingedrückt (Fig. 14). Sofort nach dem Eindringen wird der Wicklungsstrang vom Umlaufseil **43** gelöst, das über die Rollen **86** bis **89** wieder zu der Stelle zwischen den Vorrichtungen **41** und **42** läuft, wo der Wicklungsstrang an einer neuen Stelle angehängt wird.

Die Relativbewegung zwischen der schrittweisen Formung und dem kontinuierlichen Einbau des Wicklungsstrangs in den Stator läßt sich auch anders als mit dem bewegten Schlitten **74** ausgleichen: über periodisch veränderte Länge des Wicklungsstrangs zwischen der Biegevorrichtung **41** und der Einbauvorrichtung **45**. Diese Streckenlänge wird über die Entfernungen von den beiden Vorrichtungen **41** und **45** zur Anordnung der Rollen **37**, die das Umlaufseil **43** mit dem daran hängenden Wicklungsstrang in die Gegenrichtung umlenkt, geändert. Ergänzend muß bei diesem Ausgleichsverfahren mindestens eine der Rollen **86** bis **89** oder eine Zusatzrolle als Spannrolle ausgebildet sein, damit das Umlaufseil trotz der periodischen Entfernungsänderung immer gespannt bleibt.

Die Einbauvorrichtung (Fig. 27) besteht hauptsächlich aus einem Eindrückwerkzeug **90**, das in Form von mehreren Rollen oder mindestens einer Walze oder einem endlosen umlaufenden Band ausgebildet sein kann und an einem Ausleger **91** des Baufahrzeugs angebracht ist, federnd am Statorpaket **1** anliegt und seitlich durch die Seitenführschiene **49** über anliegende Rollen **92** des Auslegers **91** genau geführt wird. Das Eindrückwerkzeug **90** ist von Vorteil ab-



senkbar, damit Einrichtarbeiten beim Einbauvorgang erleichtert werden, und über eine Arbeitsbühne 46 zugänglich. Mit Vorteil kann die Arbeitsbühne in ihrer Höhe verstellt und ferner eingeklappt werden, damit das Baufahrzeug auch Engstellen des Fahrwegs befahren kann, beispielsweise an Weichen, an Bahnsteigen oder in untertunnelten Streckenabschnitten.

In den Übergangsabschnitten zwischen aufeinanderfolgenden Fahrwegträgern, wo die Wicklungsstränge außerhalb des Stators in großen Schleifen verlegt und deshalb nicht in Mäanderform vorgebogen werden (Fig. 3 und Fig. 4), hält das Baufahrzeug an, während der neben den Dehnsplatt beförderte, hier weitgehend gerade Wicklungsstrang vom Umlaufseil 43 gelöst und im Dehnsplatt untergebracht wird. Das Baufahrzeug kann weiterfahren, wenn die nächstfolgende Mäanderschleife im Stator des folgenden Fahrwegträgers fixiert ist. Der Übergangsabschnitt des Wicklungsstrangs wird gewöhnlich nachher endgültig im Dehnsplatt verlegt, wobei er beispielsweise mittels gebräuchlicher Kabelschellen in der angegebenen Lage gehalten wird. Allgemein wird es vorteilhaft, im Falle eines engen Dehnsplatts sogar notwendig sein, die Befestigungsmittel zum Halten der Wicklungsstränge vorweg an den einzelnen, noch nicht aufgeständerten Fahrwegträgern anzubringen. Weitgehende vorherige Ausrüstung mit Schellen, die für eine einrastende Steckbefestigung gestaltet und im Prinzip für Leitungsinstallationen bekannt sind, kann es vorteilhaft machen, den Wicklungsstrang im Übergangsabschnitt gleich in der Haltepause des Baufahrzeugs fertig zu verlegen.

#### Patentansprüche

1. Dreiphasige Wechselstromwicklung für den Stator eines Linearmotors einer auf Fahrwegträgern bewegten Bahn, deren einzelne Wicklungsstränge aus einem elektrischen Kabel bestehen, das zumindest ein mehrdrähtiges Leiterseil, eine von Leitschichten begrenzte elastische Isolierung und einen leitfähigen elastischen Mantel aufweist, welche in die Nuten eines an den Fahrwegträgern befestigten Stators eingebaut und in diesen befestigt sind, **dadurch gekennzeichnet**

- daß die Wicklungsabschnitte, deren Länge den jeweiligen Fahrwegträgern angepaßt ist und in welchen die Wicklungsstränge (3) in den Nuten (2) des Stators festgelegt sind, und Übergangsabschnitte an zwischen den Fahrwegträgern vorhandenen Dehnsplatten, in welchen die Wicklungsstränge (3) zwischen aneinander grenzenden Fahrwegträgern ungeschnitten weiterlaufend außerhalb des Statorprofils einzeln beweglich geführt und gehalten werden, ohne Kabelunterbrechung aufeinander folgen,
- daß die Wicklungsstränge aufgrund des Kabelaufbaus für die Formung und Montage noch hinreichend biegsam, aber im Wicklungsverbund formstabil sind und
- daß die Wicklungsstränge nacheinander in den Stator eingebaut und in jeder Nut (2) des Stators einzeln schwingungsfest fixiert sind.

2. Wicklung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungsstränge (3) in den Dehnsplatten zwischen aneinander grenzenden Fahrwegträgern angenähert rechtwinkelig zur Trägerbewegung geführt und gehalten sind.

3. Wicklung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungsstränge (3) mit Klebstoff (14), vorzugsweise mit Schmelzkleber, in den Nuten (2) des Stators fixiert sind und durch Unebenheiten der Klebe-

oberflächen (17) die Verbindung formschlüssig ist.

4. Wicklung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungsstränge (3) mittels elastischer, zwischen sie und die Wandung entsprechend profilierter Nuten (2) eingedrückte Klemmstränge (18) in den Nuten (2) des Stators fixiert sind.

5. Wicklung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungsstränge (3) mittels federelastischer, nicht ferromagnetischer Metallhülsen (19), die zwischen die Wicklungsstränge (3) und die Wände der Nuten (2) des Stators eingefügt sind, ein federnd nachgiebiges Profil mit die Nutöffnung verengenden Ausformungen (20, 21) aufweisen und mit abstehenden Füßen (22, 23) hinter vorspringenden Absätzen (24, 25) einrasten, in den Nuten (2) des Stators fixiert sind.

6. Wicklung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Kabel über einer der Isolierung (8) begrenzenden Außenleitschicht (9) eine radial stark verformbare, z. B. Hohlräume (28) einschließende Umhüllung (10) hat und daß die Nuten (2) des Stators zwischen ihrem Eingang (29) und dem vom Wicklungsstrang (3) ausgefüllten Raum in einem Ausmaß verengt sind, wie es die Verformbarkeit der Umhüllung (10) ohne wesentliche Verformung der Isolierung (8) noch zuläßt.

7. Wicklung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungsstränge (3) mittels zwischen die Nutwände geklemmter Nutverschlußleisten in Gestalt von Kunststoffschalen (31) mit eingebetteten Klemmfedern (32) und zu den Nutwänden gerichteten Begrenzungsflächen (34), die ein zu tiefes, die Korrosionsschutzschicht wesentlich verletzendes Eindringen der Klemmfederspitzen (33) verhindern, in Nuten (2) des Stators mit angenähert parallelen Nutwänden fixiert sind.

8. Verfahren zur Herstellung einer Wicklung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Vorrichtungen auf einem Baufahrzeug, das auf den Fahrwegträgern den Fahrweg entlang fährt, die drei Wicklungsstränge in den Abschnitten der Fahrwegträgerlänge einzeln von einem Vorrat abziehen, in Mäanderform vorformen, mit Halteteilen für die Festlegung in den Nuten (2) des Stators ausrüsten, zu einer Einbauvorrichtung seitlich am Baufahrzeug einführen, dort in die Nuten des Stators eindrücken und in den Nuten festlegen, in den Übergangsabschnitten zwischen den Fahrwegträgerlängen dagegen die formungs- und Ausrüstvorgänge unterbrochen werden und jeder Wicklungsstrang ohne Vorformung verlegt wird.

9. Verfahren zur Herstellung einer Wicklung nach den Ansprüchen 1 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß jeder einzelne Wicklungsstrang in einem ersten Verfahrensschritt mäanderförmig gebogen und in einem zweiten Verfahrensschritt an den Bögen zwischen den zueinander parallelen Schenkeln des Mäanders gekröpft wird, und daß die Vorrichtungen für das Formen des Mäanders und das Kröpfen gemeinsam auf einem Schlitten (74) stehen, der zum Ausgleich der augenblicklichen Bewegungsunterschiede zwischen den Formungsvorgängen und dem Fortschritt beim Einbau in den Stator in Fahrrichtung auf dem Baufahrzeug vor und zurück bewegt wird.

10. Verfahren zur Herstellung einer Wicklung nach den Ansprüchen 1, 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschnitte zwischen den parallelen Mäanderschenkeln des Wicklungsstrangs, die in die Nuten (2) des Stators kommen, den individuellen Abständen der Nuten beim Biegen der Mäanderform angepaßt wer-



den, indem der Abstand zwischen den Gelenken (57) und (58) im Biegeschenkel (53) und zwischen dem Gelenk (59) im Biegeschenkel (55) und der Richtachse (68) individuell eingestellt wird.

11. Verfahren zur Herstellung einer Wicklung nach den Ansprüchen 1, 8, 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände zwischen den parallelen Mäanderschenkeln des Wicklungsstrangs (3) aufgrund von Konstruktionsdaten des Fahrwegträgers oder Meßdaten eines Sensors, der vor dem Baufahrzeug am Stator entlang geführt wird, durch automatische Einstellung der Abstände zwischen den Gelenken in den Biegeschenkeln (53) und (55) angepaßt werden.

12. Verfahren zur Herstellung einer Wicklung nach den Ansprüchen 1, 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgeformten Mäanderschleifen des Wicklungsstrangs (3) aufrecht stehend die Formwerkzeuge verlassen und unmittelbar anschließend mit Klammern (44) an einem endlosen Umlaufseil (43) aufgehängt und weiterbefördert werden.

13. Verfahren zur Herstellung einer Wicklung nach den Ansprüchen 1, 8, und 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Wicklungsstrang am endlosen Umlaufseil (43) hängend in einem großen Bogen über eine Anordnung von Rollen (37) in die Gegenrichtung umgelenkt wird und ein Ausgleich zwischen den momentanen Durchlaufgeschwindigkeiten des Wicklungsstrangs in den auf dem Baufahrzeug festgelegten Vorrichtungen (41) und (42) und der Einbauvorrichtung (45) durch periodische Ausgleichsbewegungen der Anordnung der Rollen (37) in Bezug auf die festgelegten Vorrichtungen in Laufrichtung erfolgt und der Wicklungsstrang mit ungefähr gleichförmiger Geschwindigkeit in den Stator eingebaut werden kann.

14. Verfahren zur Herstellung einer Wicklung nach den Ansprüchen 1 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Wicklungsstrang am endlosen Umlaufseil (43) hängend mit kleinem Gefälle eng neben der Seitenführschiene (49) abgesenkt, nach und nach in die waagrechte Einbaulage unter die Blechpakete des Stators (1) geschwenkt und mit einer Einbauvorrichtung (45) in die Nuten (2) gedrückt und in diesen festgelegt wird.

15. Verfahren zur Herstellung einer Wicklung nach den Ansprüchen 1, 5 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß Zangen (76) einer Vorrichtung (42) des Baufahrzeugs Halteteile, z. B. die Metallhülsen (19), einem Magazin (77) entnehmen, aufspreizen und über die in die Nuten (2) kommenden Abschnitte des Wicklungsstrangs stecken, bevor der Wicklungsstrang in die Nuten eingedrückt und von den Halteteilen darin festgelegt wird.

16. Verfahren zur Herstellung einer Wicklung nach Anspruch 1 und einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Fahrwegträger vor dem Erstellen des Fahrwegs für die Verlegung der Wicklungsstränge in den Übergangsabschnitten mit Befestigungselementen (12, 13) ausgerüstet werden, die für eine einrastende Steckbefestigung ausgestaltet sind.

17. Verfahren zur Herstellung einer Wicklung nach Anspruch 1 und einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß im Anschluß an den Einbau der drei Wicklungsstränge (3) in die Nuten (2) des Stators eine Erdleitung (4) an mindestens einer Seite des Stators verlegt, mit Klemmelementen von Halteteilen, z. B. Klemme (27) an der Metallhülse (19) oder Rillen (36) in der Kunststoffschale (31), oder Leitungsschellen oder speziellen Klammern (5) mit dem

Kabelmantel elektrisch leitend verbunden und an der Erdung der Fahrwegträger angeschlossen wird.

18. Vorrichtung zu Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Vorschubwerkzeug (64), eine kettenartige Anordnung von Biegeschenkeln (51 bis 55), die mit Gelenken (56 bis 59) verbunden und mit Spannbacken (60 bis 63) versehen sind, und ein Gestell (67) mit Kröpfwerkzeugen auf einem Schlitten (74) vereinigt sind, der eine relative Vorwärts- und Rückwärtsbewegung auf dem Baufahrzeug ausführt, und eine dazugehörige Steuerung alle Einzelantriebe der Vorrichtung koordiniert und die resultierende Geschwindigkeit, mit welcher der Wicklungsstrang den Formungsvorgang durchläuft, mit der Geschwindigkeit in Einklang bringt, mit der das Baufahrzeug fortbewegt und der Wicklungsstrang in den Stator eingebaut wird, und diese Geschwindigkeit nahezu konstant hält.

19. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Achsen der Gelenke (57 bis 59) in den Biegeschenkeln (53) und (55) in Längsrichtung der Biegeschenkel verstellbar gelagert sind und die Einstellung ihrer Lage mittels Motorantrieb in der gestreckten Anordnung der Biegeschenkel erfolgt.

20. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß Zangen (76), die den Halteteilen für die Festlegung des Wicklungsstrangs angepaßt sind, z. B. den Metallhülsen (19), zwischen dem Magazin (77) für die Halteteile und dem Wicklungsstrang (3) gleichartig wie die den Zangen gegenüber angeordneten Stützleisten (78) schwenkbar und verschiebbar in Gleitschienen (81, 82) geführt, mit dem periodisch bewegten Schlitten (74) verbunden sind und aufgrund des Zusammenwirkens der Führung in den gekrümmten Gleitschienen mit dem bewegten Gestänge (79, 80) vier typische Phasen durchlaufen:

- in der Ausgangsposition zum Magazin gerichtet die Entnahme der Halteteile,
- die Zuwendung zum Wicklungsstrang und Synchronbewegung mit gleichzeitiger Annäherung an den Wicklungsstrang bis zum Aufstecken der Halteteile,
- die Freigabe des Wicklungsstrangs bei fortgesetzter Synchronbewegung bis zum Erreichen der Endposition,
- die Abwendung vom Wicklungsstrang und Rücklauf in die Ausgangsposition.

---

Hierzu 15 Seite(n) Zeichnungen

---

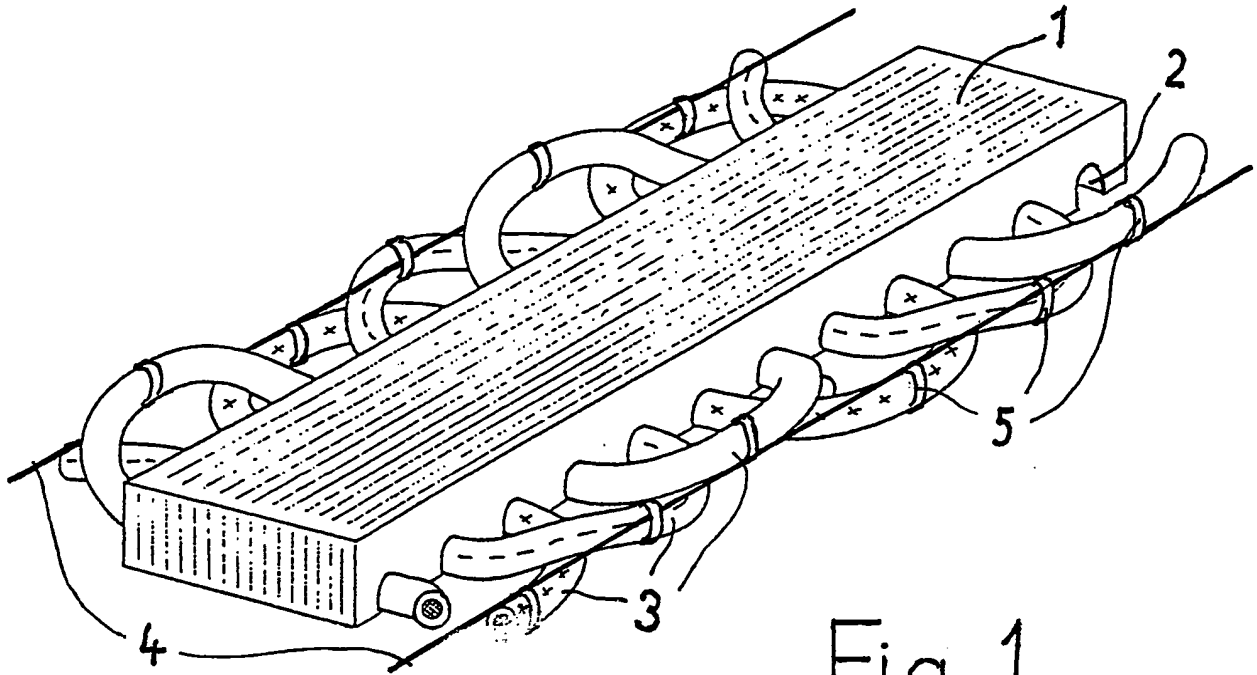


Fig. 1

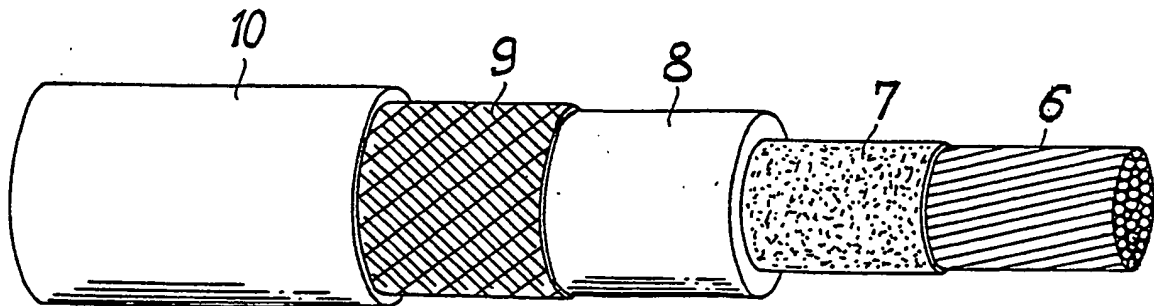


Fig. 2

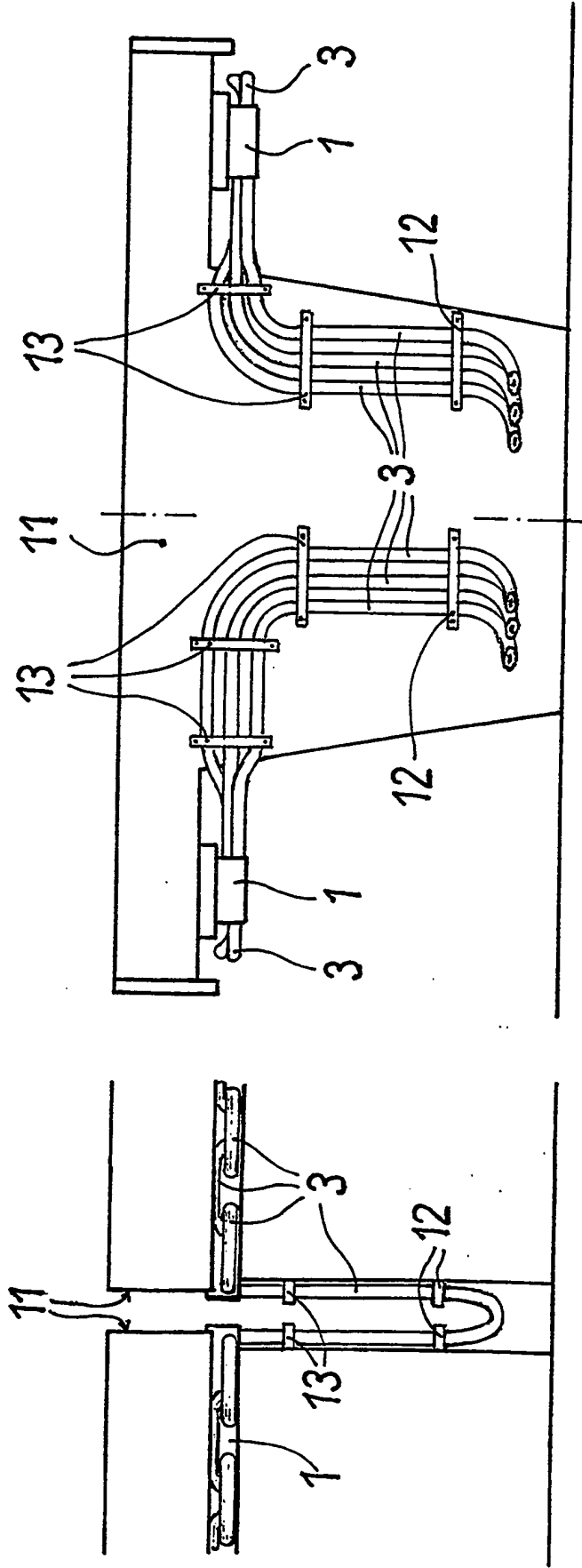
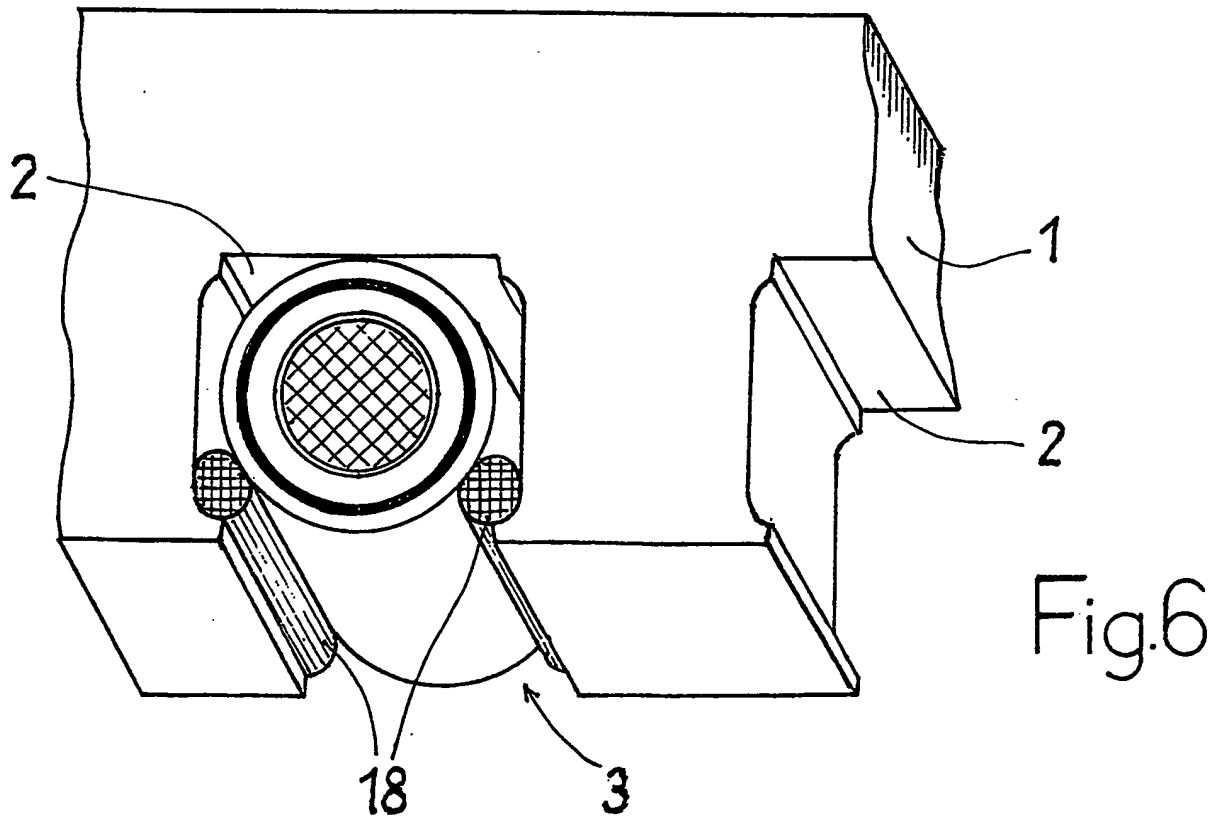
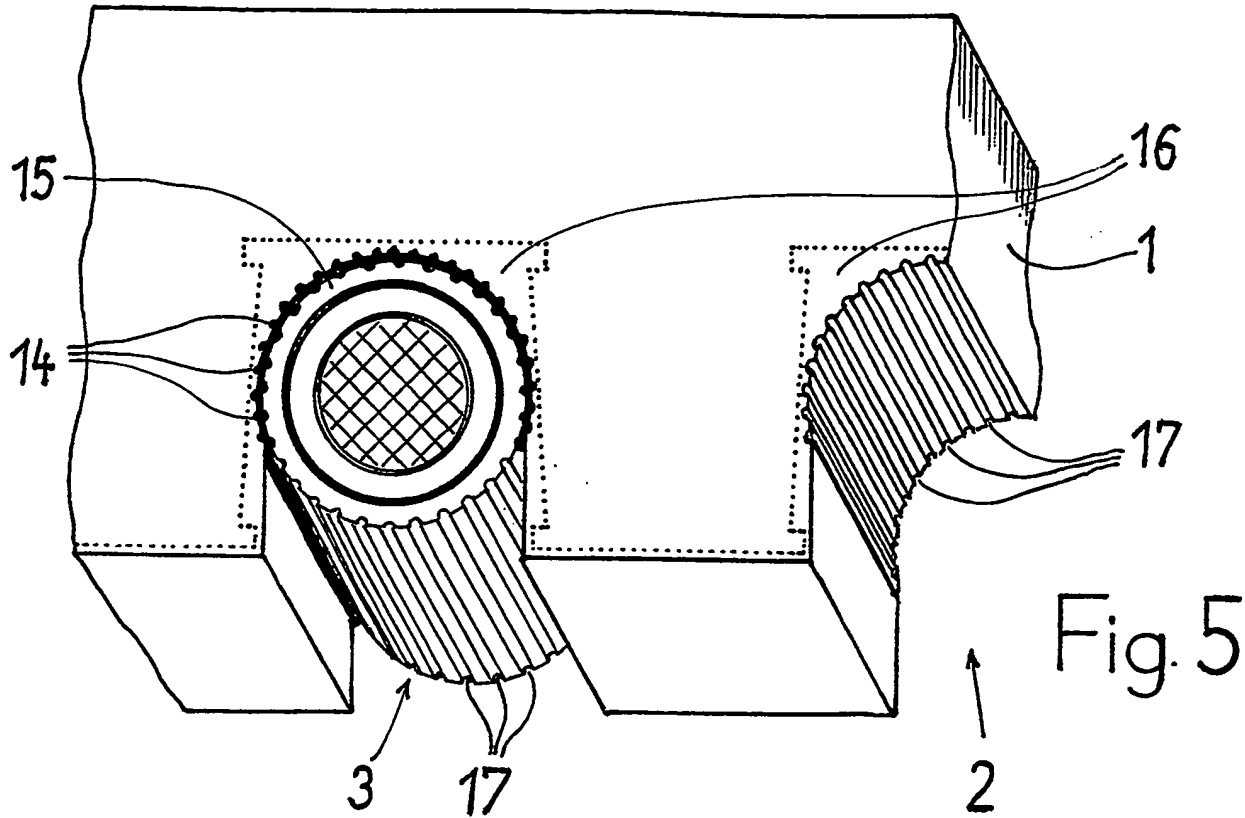


Fig. 4

Fig. 3



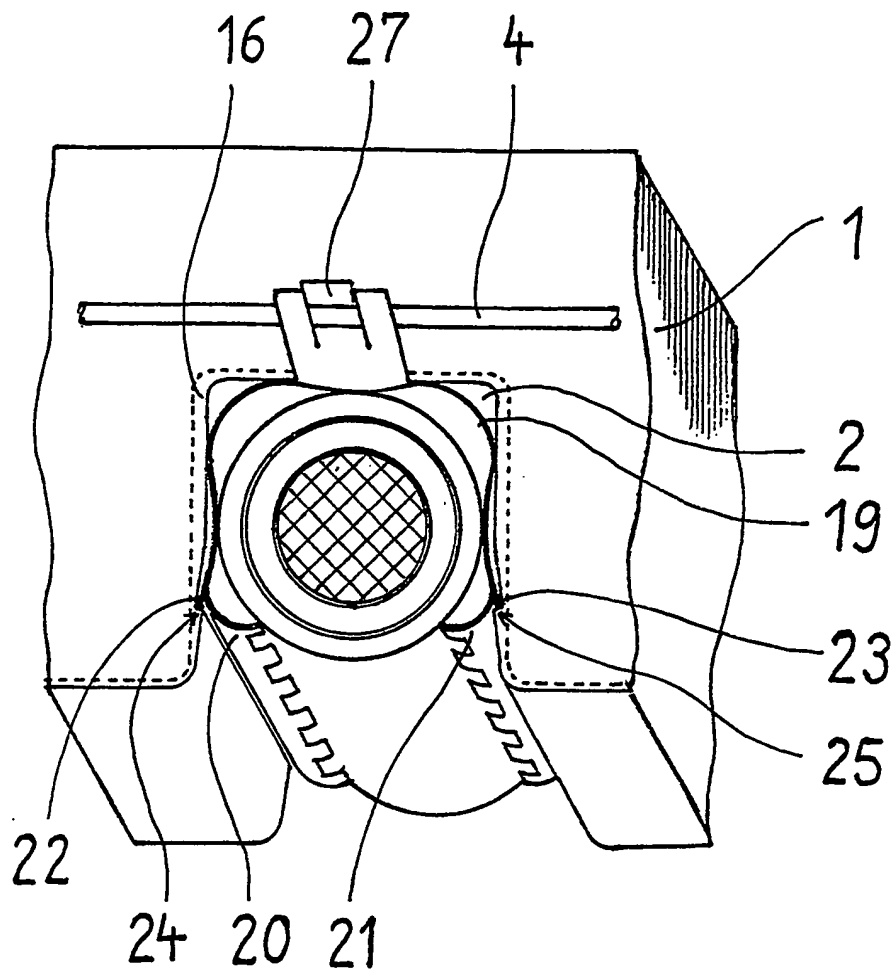


Fig. 7

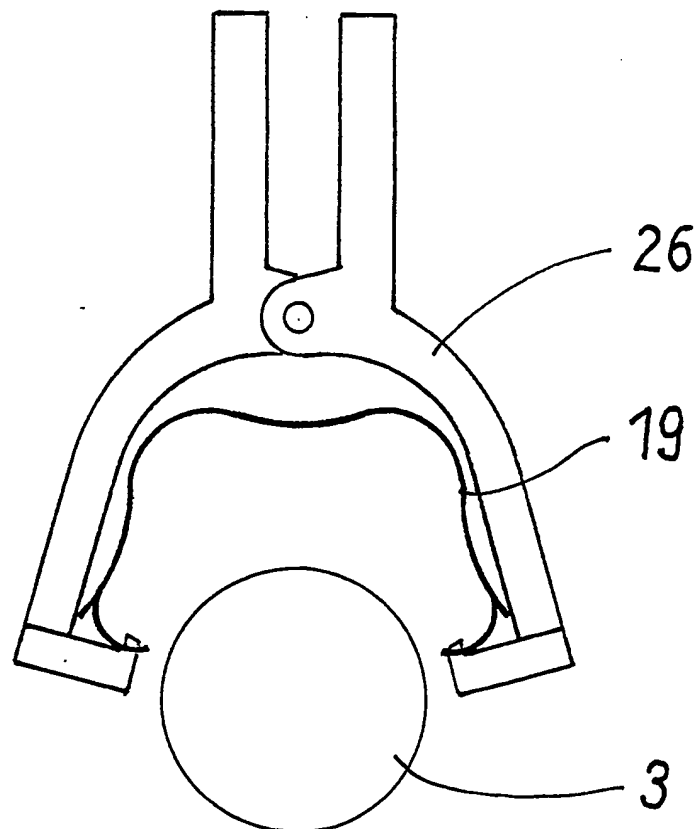


Fig. 8

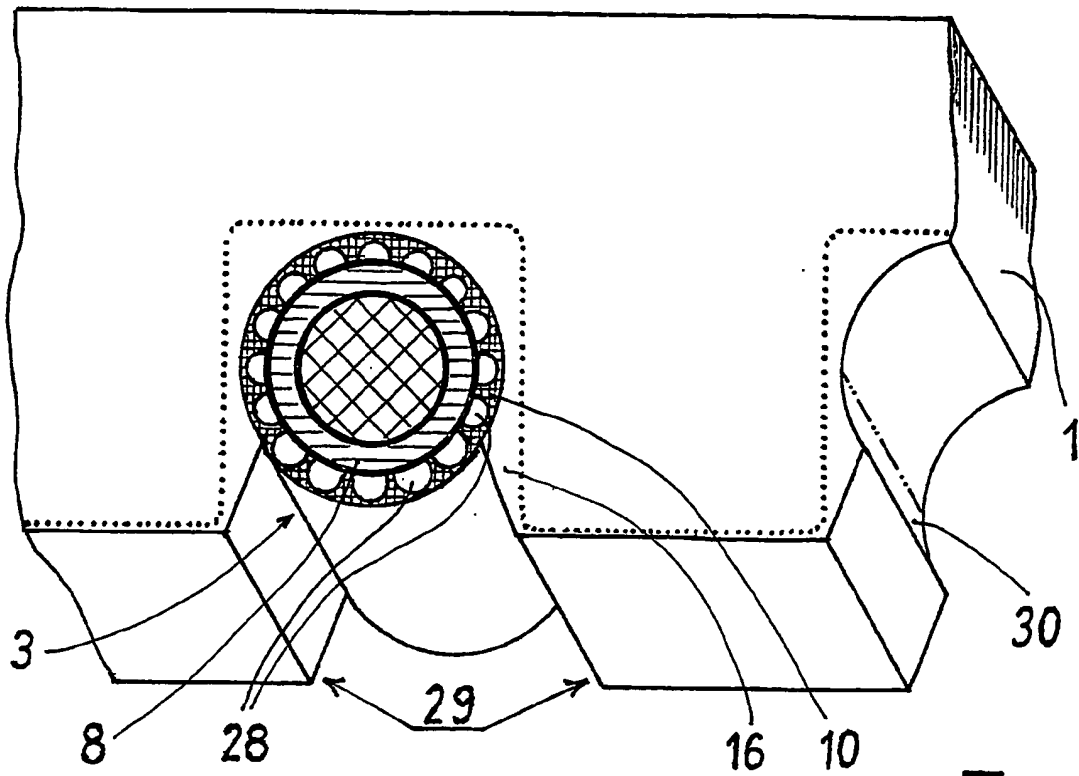


Fig. 9

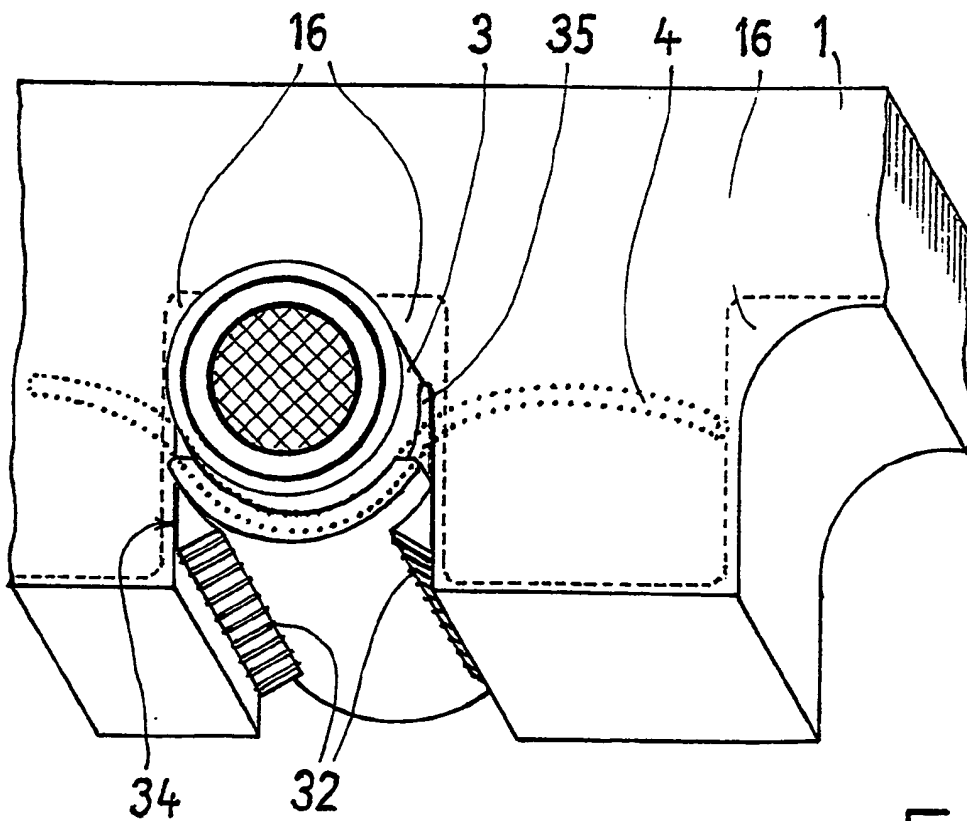


Fig. 10

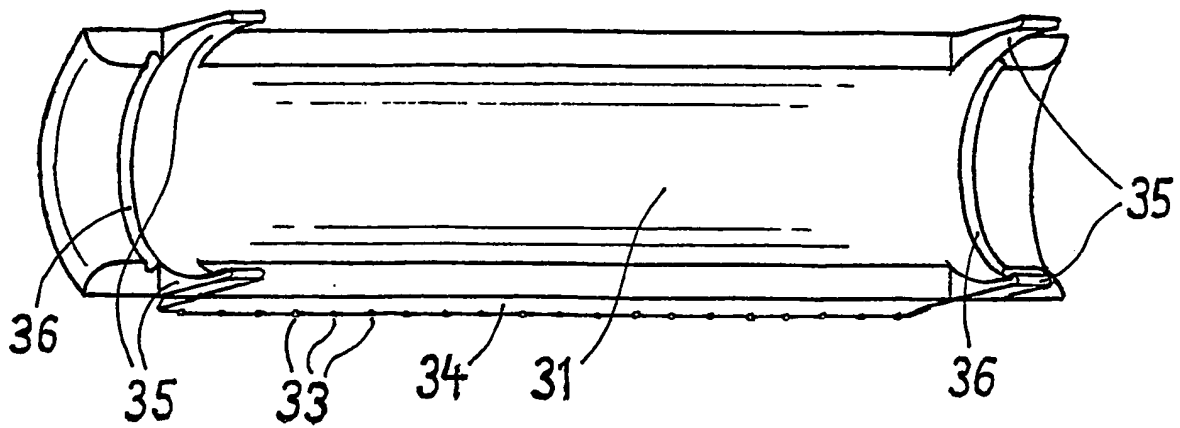


Fig. 11

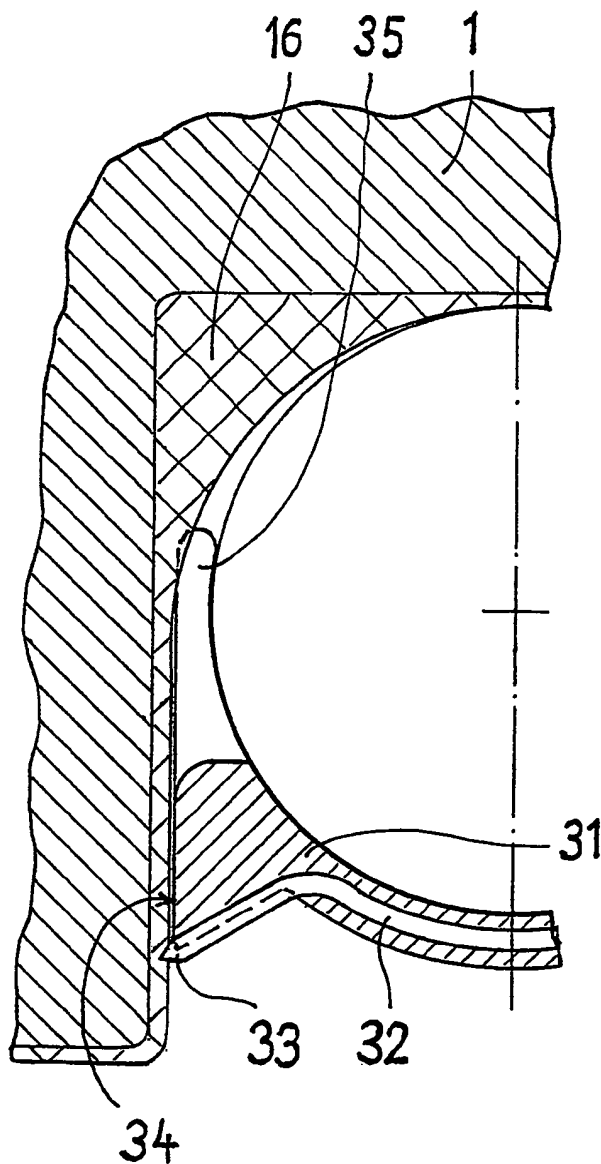


Fig. 12

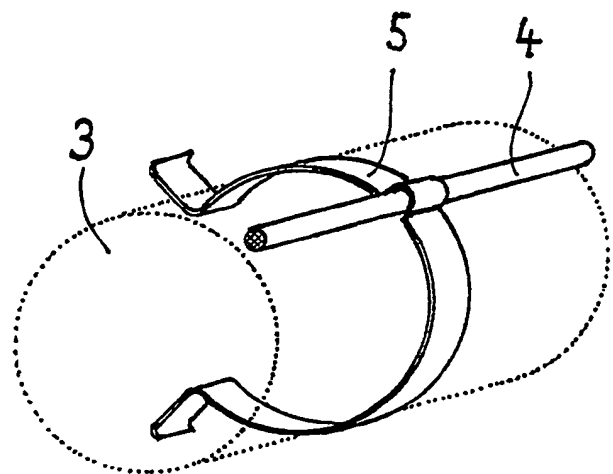


Fig. 13



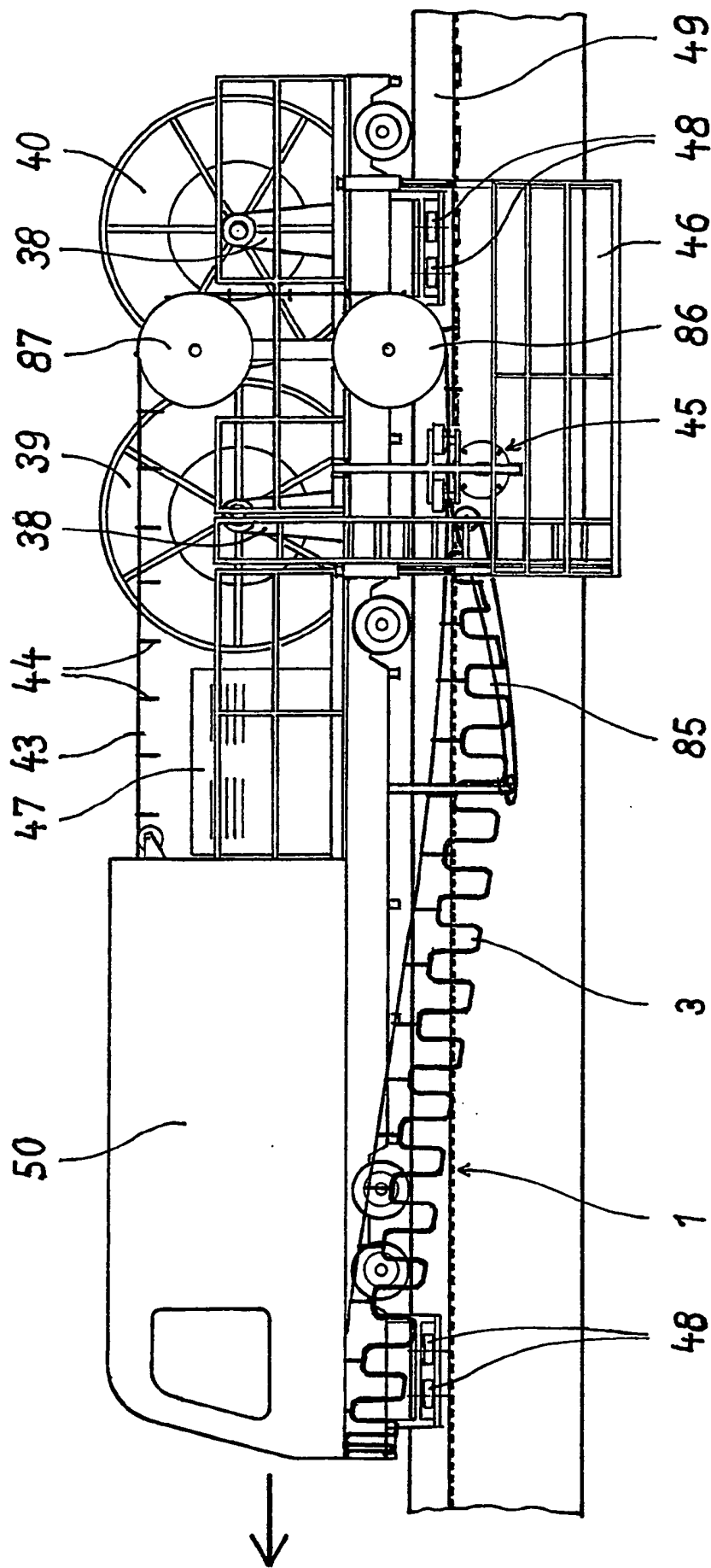


Fig. 14

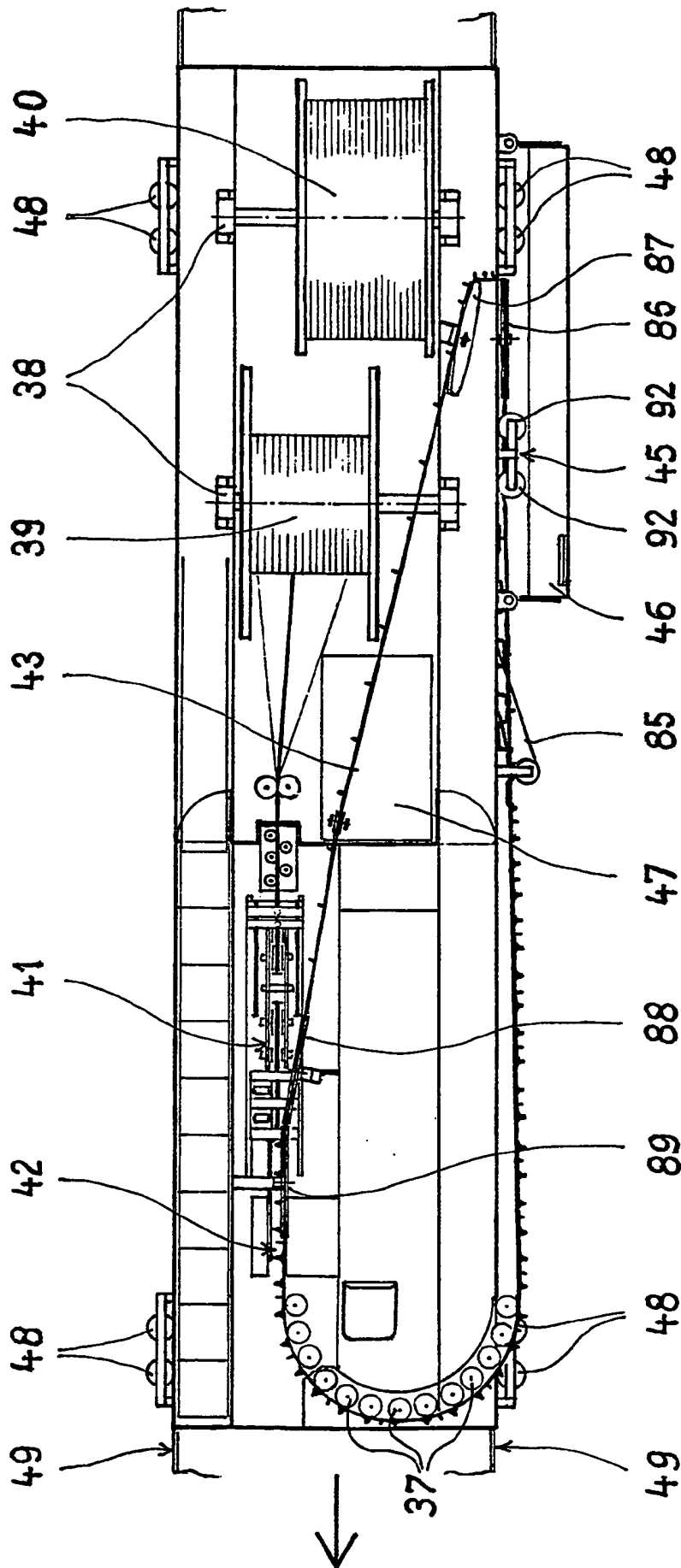


Fig 15

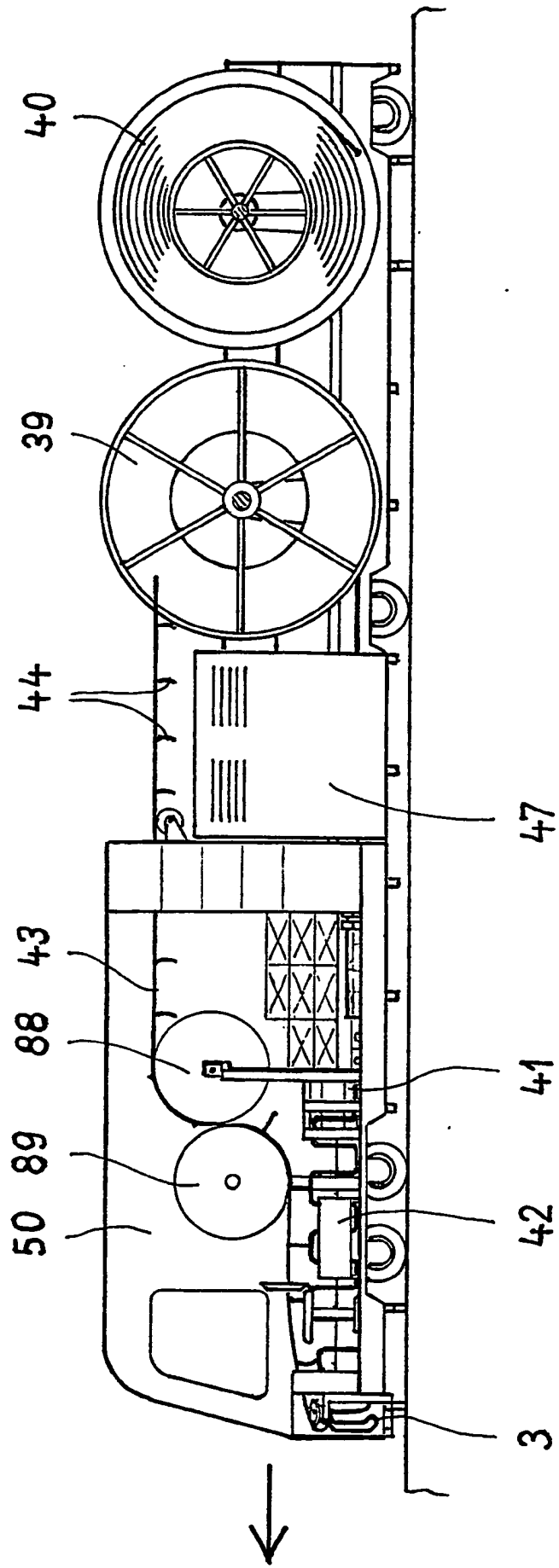


Fig.16

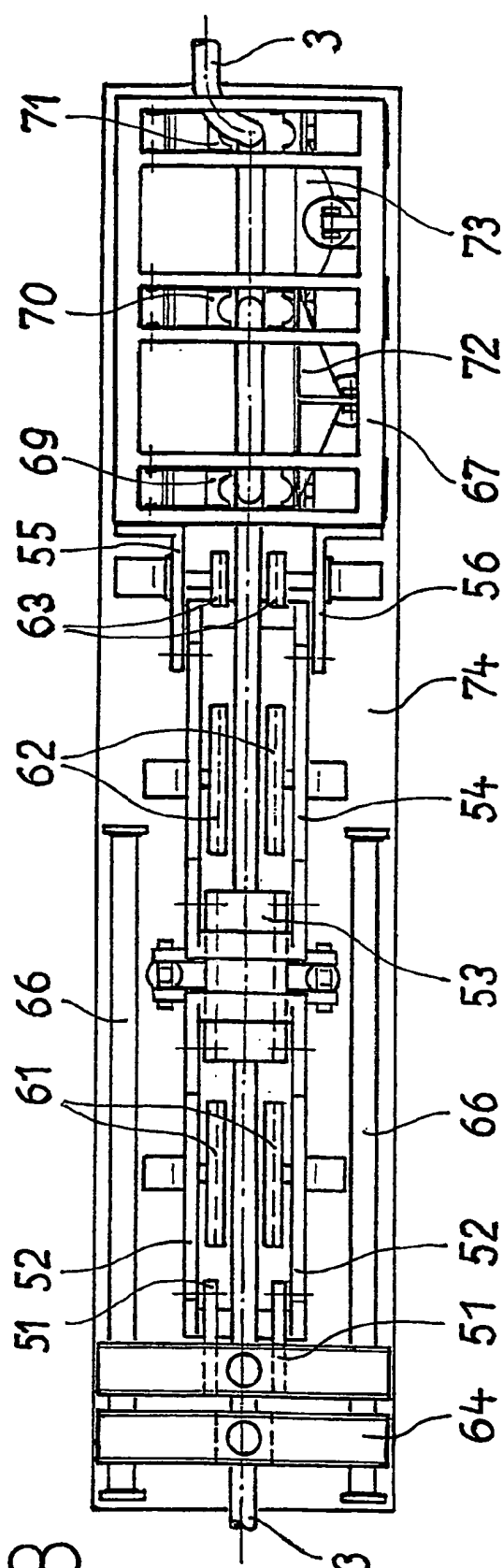
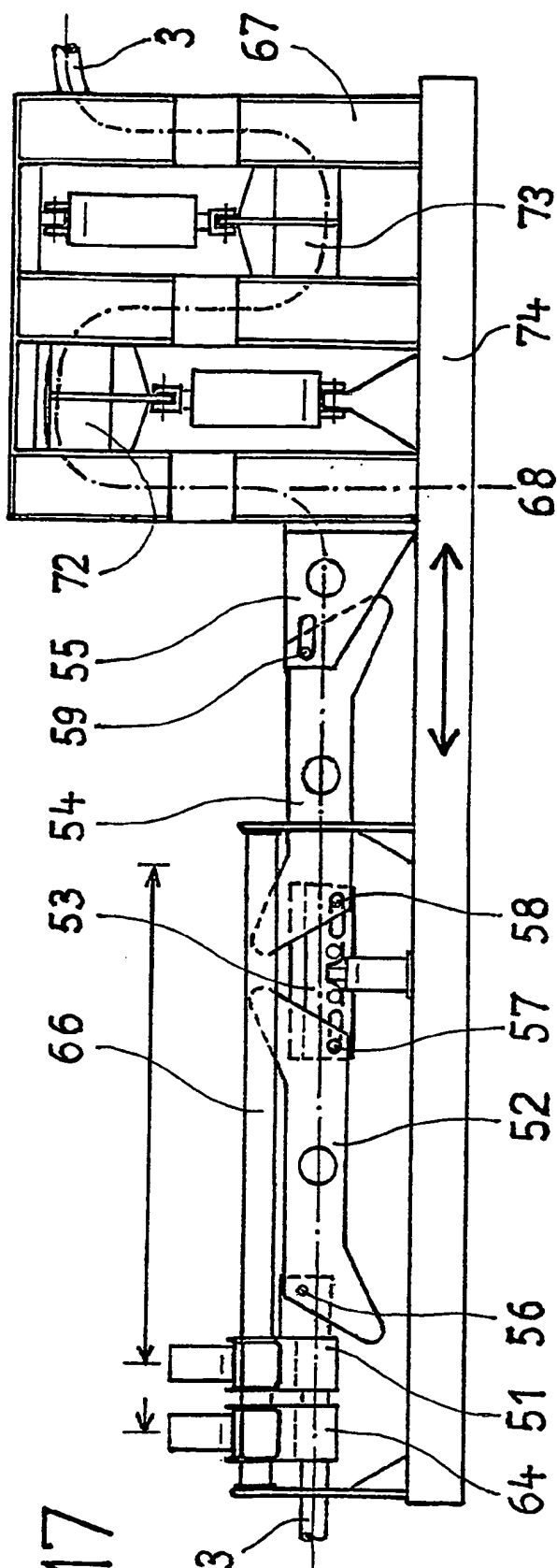


Fig. 17

Fig. 18

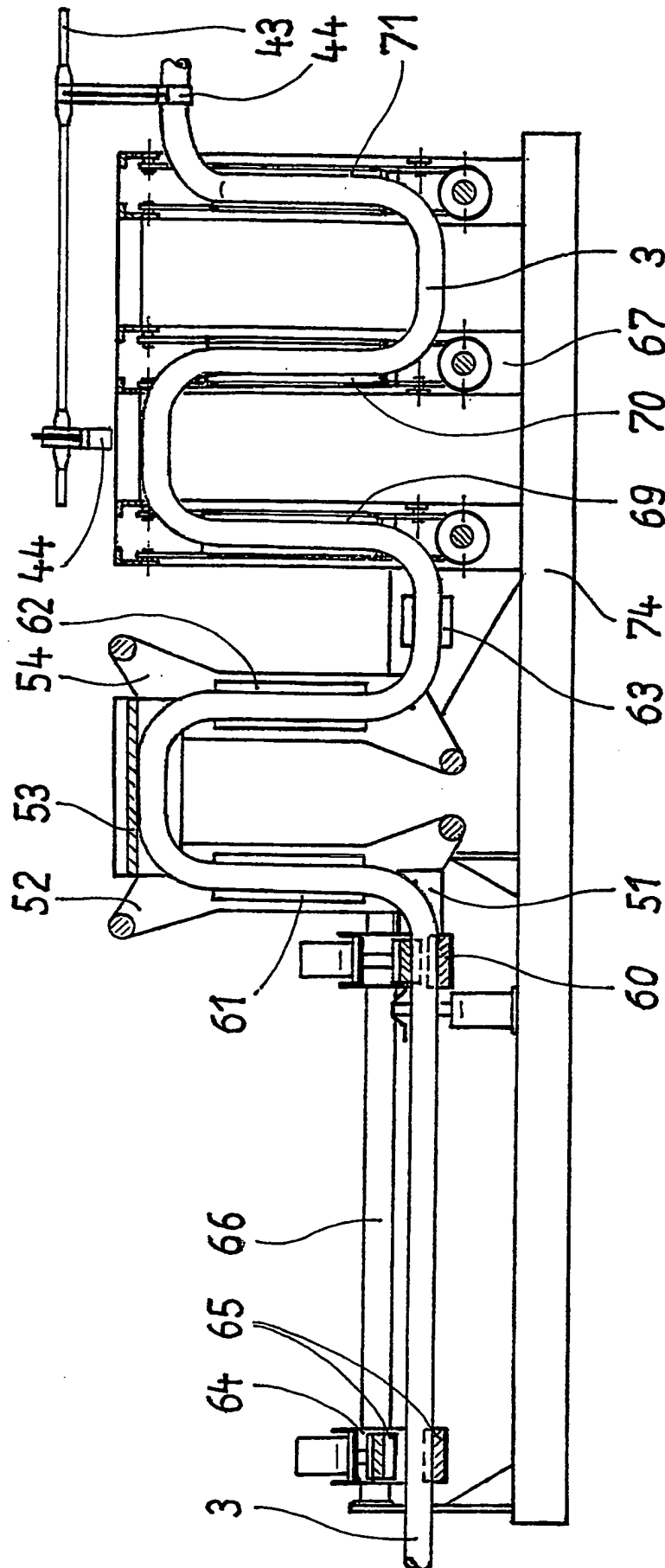


Fig.19

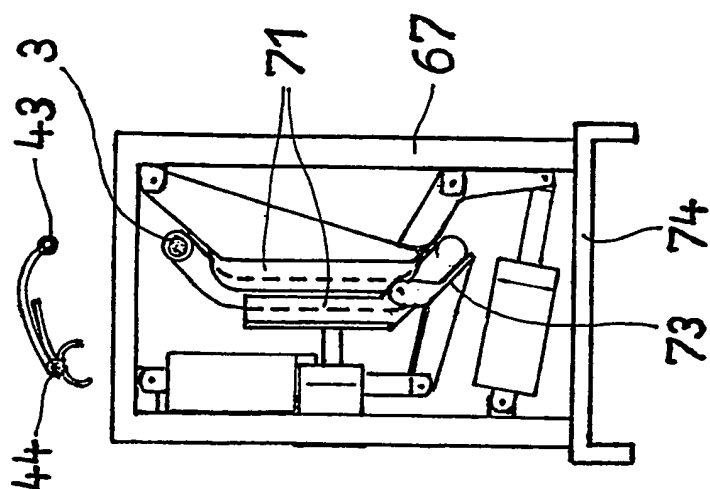


Fig. 22

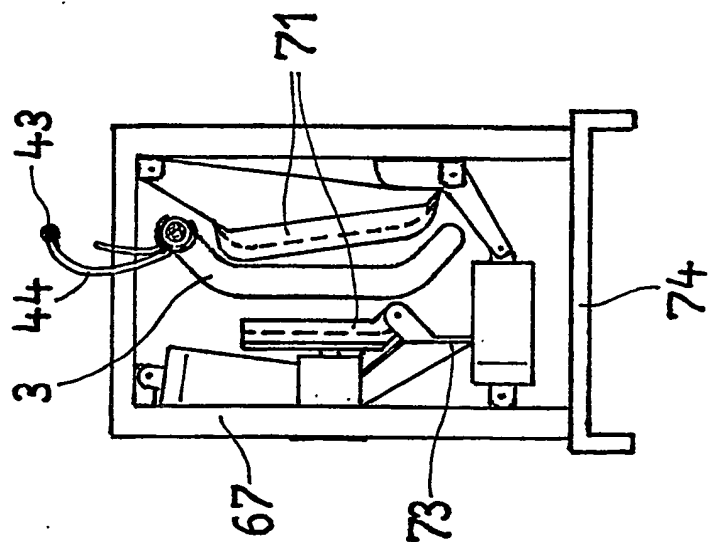


Fig. 21

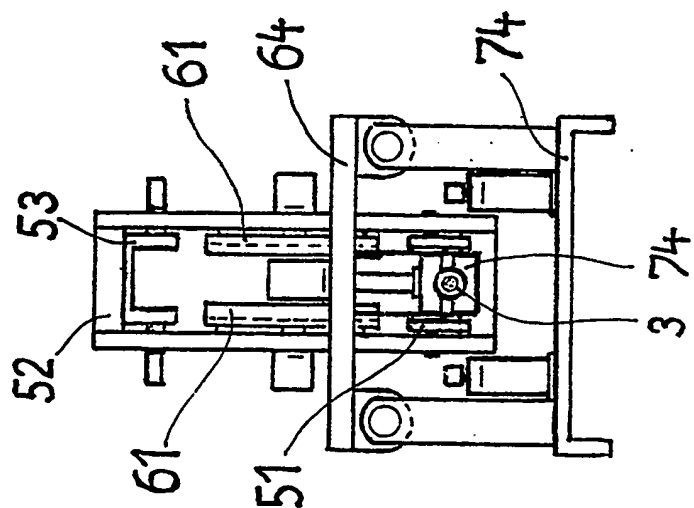


Fig. 20

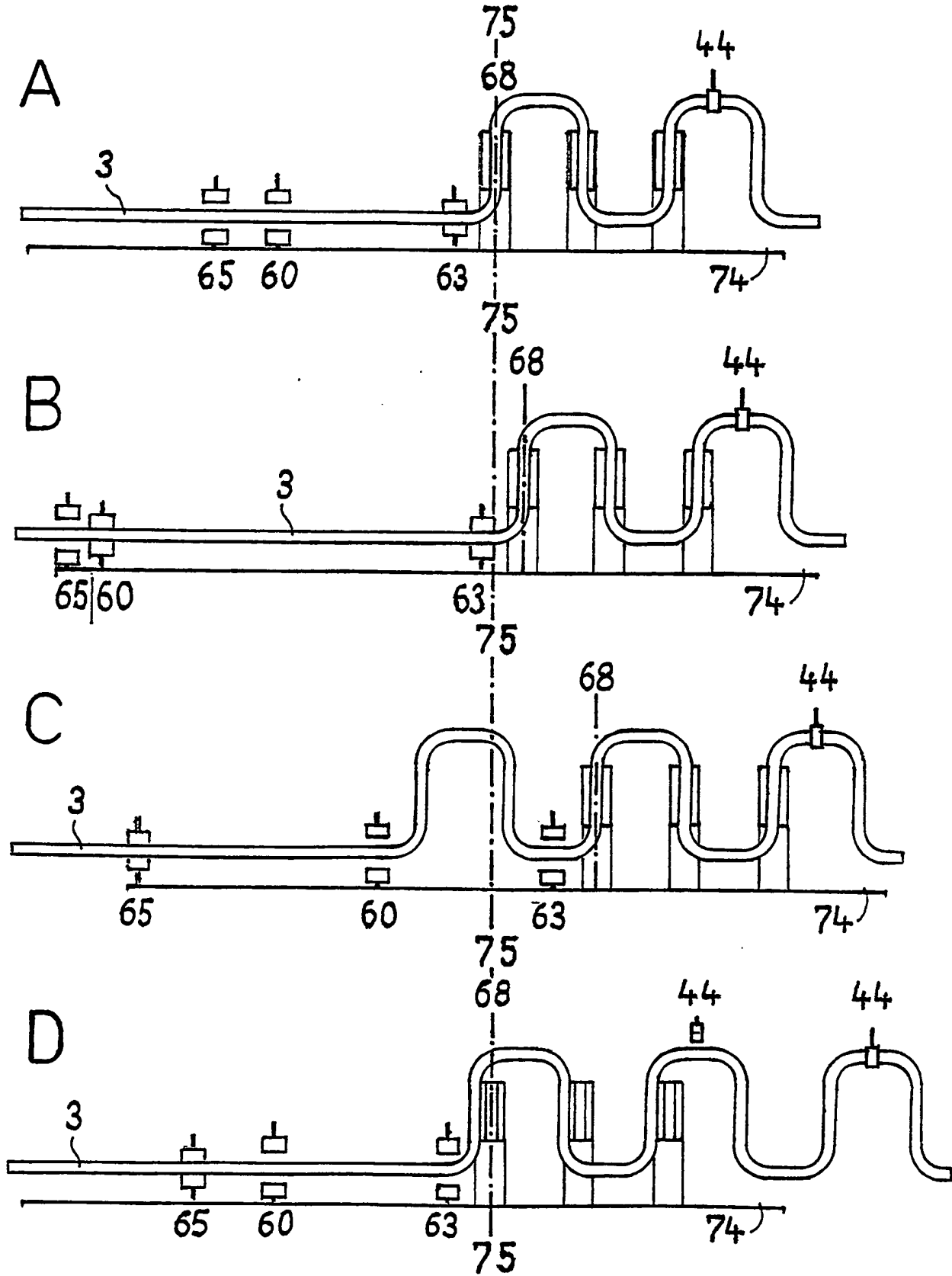


Fig. 23



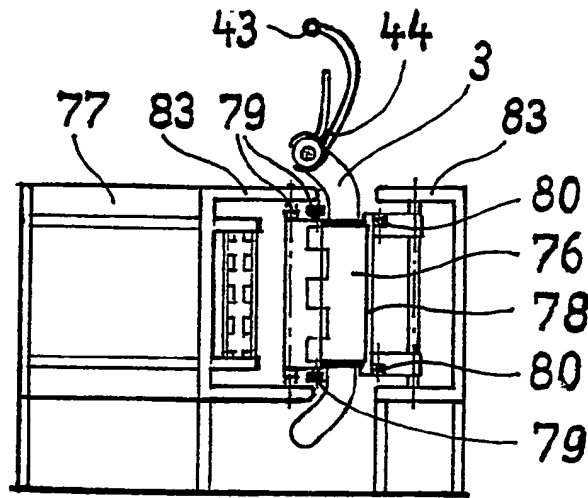


Fig. 24

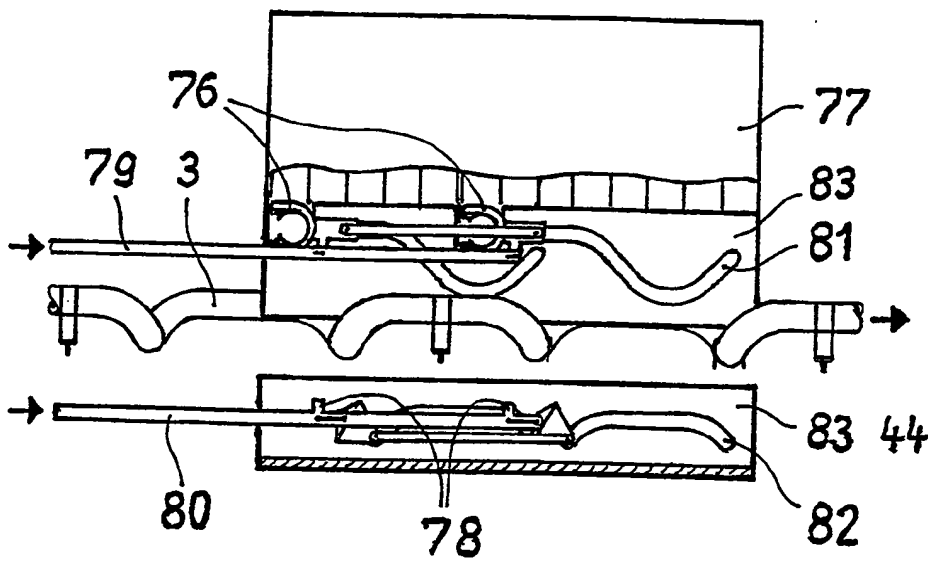


Fig. 25

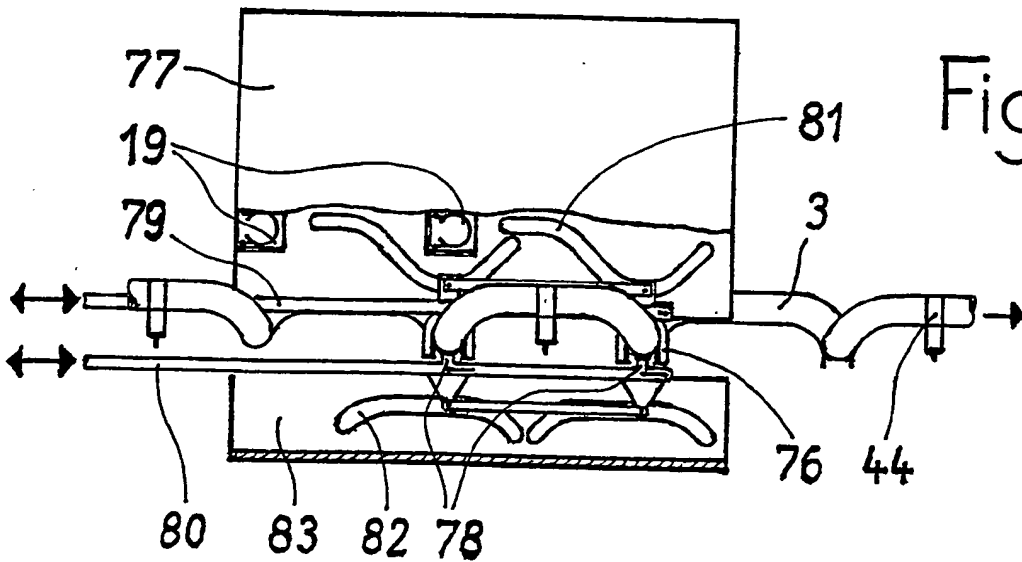


Fig. 26

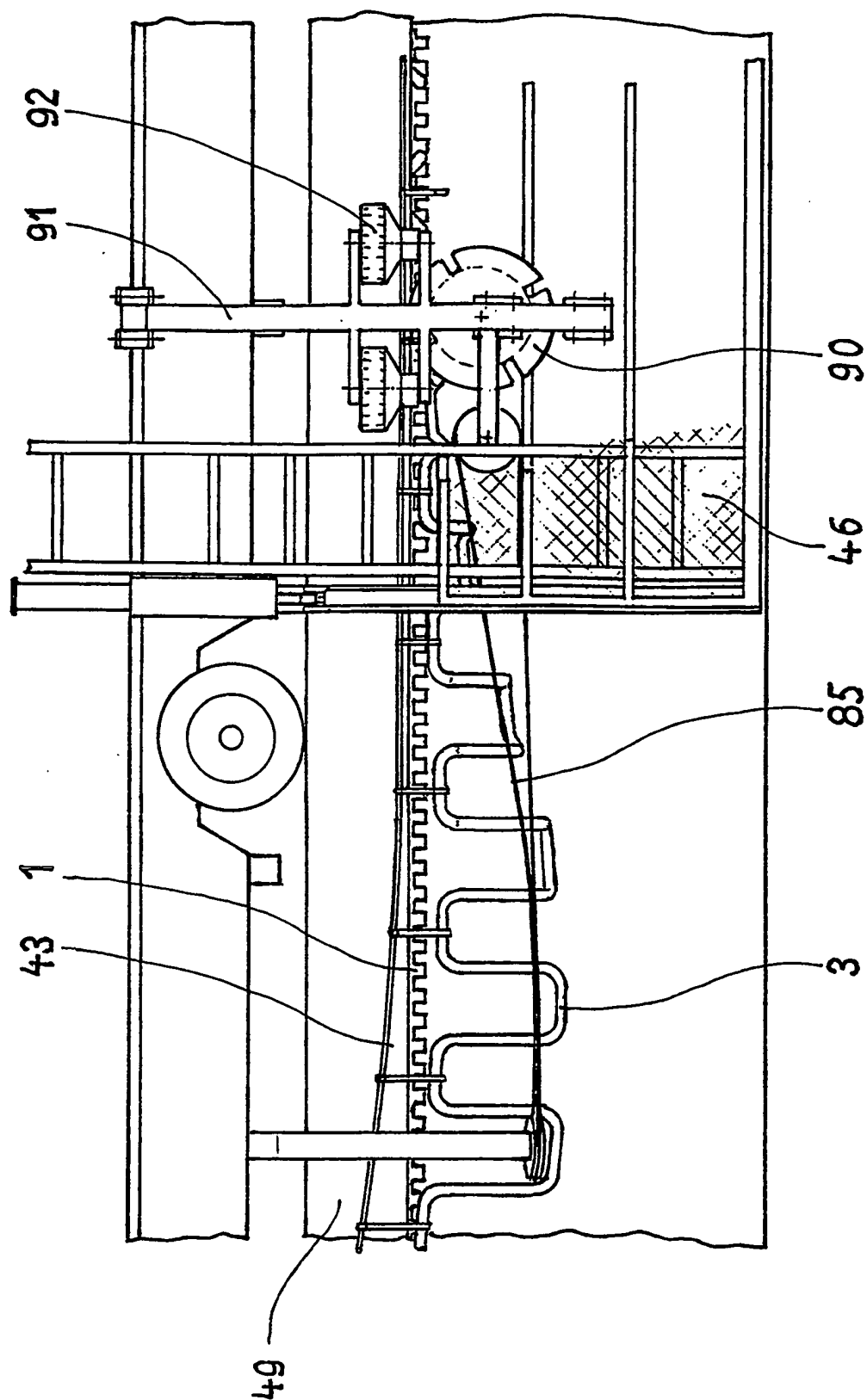


Fig. 27